E 1427.
Schub
1837
KAT

ELECTRICITATEA

(74)

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELLENŐRIZVE
1953

Országos Műszaki Könyvtár TULADONA

1-2

EDITURA TEHNICĂ

1952

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Ian.-Feb. 1952 ★ Nr. 1-2 Redacţia: Bucureşti, Episcopiei 2 ★ Tel. 3.57.28, 3.07.30

SUMARUL

	Pag.
Să sprijinim reforma bănească	1
N. Vasilescu-Karpen: Rolul electronilor în transmisiunea energiei electrice şi vectorul Umov-Poynting	3
V. Bunea: Funcţionarea nesimetrică a transformatorilor polifazaţi	6
L. Fihman: Problema producerii pe scară mare a energiei electrice pe cale electrodinamică: elemente galvanice de combustie	18
S. Condrea: Telefonia la mare distanţă	22
G. Petrescu: Consideraţii asupra forţelor electromotoare induse în maşinile electrice	29
B. Feldman: Calculul şi fabricaţia conurilor de micanită	35
G. Moisil: Protecţia reţelelor de cabluri subterane împotriva coroziunii	43
A. Avramescu şi *S. Săndulescu:* Metode expeditive pentru calculul curenţilor	50
DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.	
L. L. Rojanscki: Asupra teoriei multiplicatorilor polifazaţi de frecvenţă	64
DIN EXPERIENŢA DEMOCRAŢIILOR POPULARE	
Francisc Ronkay: Suprasolicitarea liniilor aeriene din cauza chiciurii	70
DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.	
Planul de lucru al secţiei de electricitate, 1952	77
NOTE — RECENZII	78

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПЕРЕДОВАЯ: Поддержим денежную реформу	1
Н. ВАСИЛЕСКУ-КАРПЕН: Роль электронов в трансмиссии электроэнергии и вектор Умова-Пойнтинга	3
В. БУНЯ: Несимметричная работа многофазных трансформаторов	6
Л. ФИХМАН: Вопрос о производстве электроэнергии в большом масштабе электротехническим путем: гальванические элементы сгорания	18
С. КОНДРЯ: Телефонирование на большие расстояния	22
Г. ПЕТРЕСКУ: Соображения по поводу электродвижущих сил индуктированных в электромашины	29
Б. ФЕЛЬДМАН: Расчет и производство миканитовых конусов	35
Г. МОИСИЛ: Защита кабельных подземных сетей против коррозии	43
А. АВРАМЕСКУ и С. САНДУЛЕСКУ: Скоростные методы расчета токов короткого замыкания	50
ИЗ ОПЫТА СССР	
Л. Л. РОЖАНСКИЙ: О теории многофазных мультипликаторов	64
ИЗ ОПЫТА СТРАН НАРОДНОЙ ДЕМОКРАТИИ	
ФРАНЦИСК РОНКАЙ: Сверхнагрузка воздушных линий инеем	70
ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А. С. И. Т.	
План работы электрического отдела на 1952 год.	77
ЗАМЕТКИ-РЕЦЕНЗИИ	78

ELLENORIZVE
1953

SĂ SPRIJINIM REFORMA BĂNEASCĂ

Oameni muncii din Patria noastră au primit cu o vie bucurie Hotărârea Consiliului de Miniștri al R. P. R. și a Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Român, privind efectuarea reformei bănești și reducerile de prețuri. Aceste măsuri revoluționare arată, odată în plus, permanenta grijă a Partidului și a Guvernului pentru ridicarea nivelului de viață a maselor muncitoare din țara noastră.

Premizele economice pentru reforma bănească și pentru reducerea de prețuri au fost create prin succesele însemnate obținute de clasa muncitoare în ultimii ani și în deosebi dela reforma monetară din 1947.

In acești patru ani și jumătate, clasa muncitoare în alianță cu țărănimea muncitoare și sub conducerea Partidului a lichidat moștenirea grea a trecutului, a orânduirii burghezo-moșierești. Spre sfârșitul anului 1947, au fost înlăturați din Guvern ultimii reprezentanți ai burgheziei, iar la 30 Decembrie 1947 a fost lichidată monarhia, ultimul bastion al burghezo-moșierimii din țară și sprijinul principal al imperialiștilor din afară. In anul 1948, naționalizarea principalelor mijloace de producție, de transport, bancare, etc., a pregătit calea unei economii planificate.

Sub conducerea Partidului și folosind din plin ajutorul frățesc, multilateral și neprecupețit, al Uniunii Sovietice, oamenii muncii din R. P. R. au îndeplinit și depășit primele două planuri anuale 1949 și 1950 și au trecut la aplicarea Planului Cincinal și a Planului de electrificare.

Entuziasmul muncii lor s'a concretizat în pașii uriași făcuți pe drumul industrializării socialiste a țării și se reflectă în cifrele de depășire a celor două planuri anuale și a celui pe anul 1951. Astfel, Ministerul Energiei Electrice și al Industriei Electrotehnice și-a îndeplinit planul pe 1951, în proporții de 114,7%. Desvoltarea muncii în acest sector reiese limpede din datele publicate, care arată că, la energia electrică, s'a înregistrat o producție de 117% față de cea din anul 1950, iar la mașini rotative o producție de 218,7% față de anul 1950.

Succesele obținute în domeniul economic au permis ridicarea nivelului de trai al oamenilor muncii și s'au reflectat atât prin ridicarea nivelului cultural al maselor, cât și prin largile posibilități de desvoltare a științei, literaturii și a artei, puse în slu$_2$ba poporului.

Poporul nostru muncitor a obținut însă aceste succese în condițiile unei aprige lupte de clasă, care se ascute pe zi ce trece. Elementele capitaliste, chiaburii și speculanții, caută în această epocă să lovească construirea socialismului acolo unde li se pare mai ușor și anume în ce privește schimbul dintre sat și oraș. Ei caută să folosească deficiențele în organizarea schimbului de produse industriale și agricole, pentru a slăbi alianța dintre clasa muncitoare și țărănimea muncitoare. In condițiile actuale, tocmai întărirea schimbului dintre sat și oraș este terenul pe care trebue dusă lupta fără de cruțare împotriva elementelor capitaliste.

Hotărârea Partidului și a Guvernului privind reforma bănească arată că prețul produselor agricole a crescut, pe piața neorganizată, de peste trei ori față de anul 1947, în timp ce prețurile mărfurilor industriale, cerute de către țărani, au rămas aproape la același nivel, ceea ce a dus la slăbirea schimbului între sat și oraș.

Aplicarea Hotărîrii este menită să contribue la intensificarea acestui schimb. Ea duce la creșterea salariului real al muncitorilor și funcționarilor și servește opera de industrializare socialistă a țării.

Statul pune la îndemâna celor ce muncesc, bani noi care au o putere de cumpărare mult mai mare de cât a celor vechi, sistemul bănesc actual întemeindu-se pe întreaga bogăție și putere economică a țării, pe volumul mereu crescând de produse, pe industria și agricultura noastră în desvoltare. Moneta actuală devine cu atât mai puternică, cu cât forța economică a Statului sporește.

Cursul leului a fost întărit, ridicându-se conținutul lui în aur și stabilindu-se cursul extern al leului pe baza valutei celei mai stabile din lume, valuta Uniunii Sovietice, iar nu pe baza dolarului, valută nestabilă, supusă inflației, lovită de criză.

Lumea capitalistă este adânc sguduită de criza economică provocată de cursa nebunească a înarmărilor și de goana după profituri a imperialiștilor. Haosul economic din Statele Unite ale Americii face să crească mizeria oamenilor muncii de acolo; impozitele grevează salariile muncitorilor cu 40%. Devalorizarea dolarului, scăderea puterii de cumpărare a salariilor înghețate, ridicare vertiginoasă a prețurilor aduc milioane de oameni ai muncii în cea mai cumplită mizerie. In curs de un an și jumătate, de când a pornit agresiunea din Coreea, prețurile alimentelor au crescut în Statele Unite cu 21,4%.

Devalorizarea monetelor diferitelor țări aduce nestabilitate în relațiile economice dintre statele capitaliste și duce la jefuirea acestor țări de către Statele Unite. Dolarul a devenit astfel un instrument de agresiune în mâinile capitaliștilor americani.

In Anglia, țara impozitelor-record, impozitele înghit mai mult de jumătate din câștigul muncitorilor. In Franța, creșterea prețurilor a atins un ritm nemaipomenit. In Jugoslavia, pe care banda de spioni a lui Tito a vândut-o imperialiștilor, dinarul a fost devalorizat de 6 ori față de dolar, ceea ce a dat posibilitate capitaliștilor americani să jefuiască și mai cumplit popoarele Iugoslaviei.

Spre deosebire de țările capitaliste, unde reformele monetare se fac pentru îmbogățirea capitaliștilor și sărăcirea maselor, reforma bănească din țara noastră, crează condițiile necesare desvoltării econo-

miei naționale, prin sporirea necontenită a volumului de bunuri și ridicarea nivelului de trai și de cultură a oamenilor muncii.

Reforma noastră bănească are un pronunțat caracter de clasă.

Ea a deschis la noi posibilități de întărirea legăturii economice între sat și oraș, va contribui la lichidarea treptată a rămânerii în urmă a agriculturii noastre, bazată încă în cea mai mare parte pe mica gospodărie individuală și va lărgi baza economică a alianței dintre clasa muncitoare și țărănimea muncitoare.

Dar pentru ca reforma bănească să-și ajungă scopul, ea trebue sprijinită din toate puterile.

Masele muncitoare vor trebui să ducă o luptă și o muncă dârză pentru realizarea planului, pentru mărirea producției și a productivității muncii.

In întreprinderi, în uzine și pe șantiere, o serie întreagă de probleme concrete cer aportul muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor, pentru întărirea reformei monetare.

In primul rând, se cere o justă și rațională folosire a materiilor prime și a celorlalte materiale care intră în procesul tehnologic; deasemenea trebue să se ajungă la o micșorare până la eliminarea totală a rebuturilor și să se ducă o muncă asiduă de scădere a consumurilor specifice. Lupta pentru reforma bănească se poate concretiza prin introducerea unui regim sever de economii la fiecare loc de muncă, de mică sau mare importanță, la fiecare loc de producție.

Va trebui să luptăm din toate puterile pentru sporirea producției industriale; aceasta se cere deosebit de accentuat în industria ușoară și alimentară, pentru aprovizionarea populației cu produse de larg consum. Lupta pentru sortiment și pentru calitatea produselor va fi o contribuție a noastră pentru întărirea reformei bănești.

Trebue să dăm o atenție deosebită sarcinilor de plan din domeniul energetic. Construirea și punerea în funcție a termocentralelor și hidrocentralelor planificate trebue să se afle în centrul procupărilor inginerilor și tehnicienilor energetici.

Printr'o mai amplă, rațională și îngrijită folosire a mașinilor și agregatelor, trebue să îmbunătățim condițiile de funcționare a uzinelor electrice, mărind puterile disponibile și durata de utilizare a puterii disponibile, eliminând întreruperile, reducând consumul specific și aplatizând curba de sarcină.

In industria electrotehnică, trebue să luptăm pentru introducerea tehnologiei sovietice, pentru tipizarea producției în construirea mașinilor și aparatajului electric.

O sarcină deosebit de însemnată pentru inginerii, tehnicienii și muncitorii electricieni este cea legată de electrificarea rurală. Valorificarea resurselor locale, amenajările optime ale actualelor instalații locale, aspectele generale tehnico-economice, sunt probleme în care contribuția noastră pentru electrificarea satelor (fie prin racordare la linia de înaltă tensiune, fie prin microcentrale) este de mare folos.

Trebue să luptăm pentru ca electrificarea satelor să nu se limiteze numai la luminatul câtorva uliță sau a caselor ci să însemne introducerea progresivă a electricității în agricultură și în micile industrii locale: ferăstraie, mori, fabrici de conserve, etc.

Să nu considerăm problema static. La noi se face electrificarea rurală pe bază de termocentrale Diesel și microcentrale hidroelectrice, dar se neglijează perspectivele pe care le oferă folosirea energiei vântului, azi exploatată din ce în ce mai mult în U. R. S. S.

Telecomunicațiile pe liniile de înaltă tensiune, telecomenzile pentru liniile interconectate ale marilor centrale hidro și termoelectrice pe care le vom avea potrivit Planului de Electrificare, sunt deasemeni obiective de studiu și aplicații pentru tehnicienii, inginerii și oamenii noștri de știință.

Prin părăsirea normelor învechite și utilizarea metodelor sovietice de muncă, vom obține o mărire a productivității muncii și vom realiza o reducere progresivă a prețului de cost.

Aplicând metodele științifice de lucru, inginerii și tehnicienii vor putea, după metodele sovietice, să organizeze științific munca, să folosească procedeele cele mai potrivite pentru obținerea unei mari productivități a muncii, fără a aservi pe om mașinii ca în țările capitaliste, ci scoțând dela mașină maximum ce-l poate da, datorită muncii raționale și conștiente a omului nou, constructor al socialismului.

In fine, un sprijin prețios îl putem da monetei noastre prin contribuția la circularea rapidă a fondurilor în întreprinderi și mai ales la mobilizarea și folosirea rezervelor interne ale acestora.

Pentru a putea realiza toate aceste sarcini trebue să luptăm pentru generalizarea întrecerilor socialiste și transformarea lor într'o adevărată mișcare de masă. Trebue să înlesnim creșterea stahanoviștilor și să ne preocupe stimularea morală și materială a inovatorilor, raționalizatorilor, fruntașilor și stahanoviștilor.

Tehnicienii și inginerii au primit prin reforma bănească un imbold nou pentru amplificarea străduințelor lor de a aduce un aport însemnat la desvoltarea producției.

Oamenii muncii de pe șantierele electrificării, din uzinele energetice și din fabricile electrotehnice vor sprijini reforma bănească îndeplinind și depășind sarcinile de plan pentru a putea furniza cantitățile uriașe de energie electrică și de mașini de care are nevoie industria, transporturile, serviciile comunale, etc.

Munca lor stăruitoare pentru ridicarea nivelului de trai și de cultură a populației din sate și orașe este însoțită de lupta lor neobosită pentru apărarea activă a P ă c i i, amenințată de imperialiștii americano-englezi, ațâțători la război.

Fiecare succes al străduințelor noastre este o contribuție pentru întărirea Păcii, pentru înflorirea Patriei noastre, pentru Socialism.

ROLUL ELECTRONILOR ÎN TRANSMISIUNEA ENERGIEI ELECTRICE ŞI VECTORUL UMOV-POYNTING

N. VASILESCU-KARPEN

In transportul energiei electrice prin fire metalice părerea unanimă este că energia ar fi transportată de sau prin câmpurile magnetic şi electric din jurul firelor. Părerea se sprijină pe aplicarea vectorului Umov-Poynting, în presupunerea că — şi în cazul de faţă — acest vector ar reprezenta un flux de energie. Se arată aci, că energia este transmisă în realitate prin electronii, care circulând prin fire, constituesc nu numai curentul electric, ci şi un flux de energie potenţială a electronilor,— energie pe care o primesc, la originea liniei de transport, dela generator şi pe care o restitue la finele liniei prin receptor.

Intr'o transmisiune de energie electrică, spre exemplu prin două fire şi curent continuu, expresia energiei, care străbate pe secundă un plan normal pe fire, este

$$U = VI.$$

Această expresie nu ne dă nicio indicaţie asupra mecanismului prin care energia este transmisă, asupra elementului fizic care transportă energia.

Toate lucrările de specialitate ale autorilor occidentali admit părerea că energia este transmisă de câmpurile magnetic şi electric din jurul firelor, deşi ambele câmpuri sunt *imobile* şi *invariabile*.

Astfel această teorie o găsim rezumată foarte clar şi categoric în „Handbuch der Experimentalphysik" (XI, I Teil, p. 107, 1932), după cum urmează :

„Fenomenele care se petrec în transmiterea energiei electrice, nu au loc după cum se credea altădată în interiorul conductorilor, ci sunt localizate în câmpul electromagnetic care înconjoară aceşti conductori".

VECTORUL UMOV-POYNTING

Pe ce se sprijină aserţiunea, care chiar la prima vedere pare contrară bunului simţ, că elemente fizice *imobile* şi *invariabile* pot transporta energie?

Aserţiunea se sprijină pe rezultatul obţinut prin aplicarea vectorului Umov-Poynting, câmpurilor electric şi magnetic din jurul firelor şi pe interpretarea lui greşită. Acest vector numai în câmpul electromagnetic al lui *Maxwell* reprezintă un flux de energie, după cum rezultă din însuşi modul de stabilire a expresiei vectorului, în care se folosesc ecuaţiile lui Maxwell. In aceste ecuaţii câmpul electric E şi câmpul magnetic H derivă unul din altul, ele nefiind independente.

In cazul nostru, câmpurile E şi H sunt din contra, complet independente unul de altul şi invariabile, după cum sunt independente şi invariabile tensiunea V şi curentul I; în consecinţă, vectorul Umov-Poynting

$$\Pi = \frac{[\bar{E}\ \bar{H}]}{4\pi}$$

nu poate reprezenta în cazul nostru un flux de energie; totuşi el a fost aplicat ca atare, după cum urmează :

Să considerăm (fig. 1) o secţiune transversală prin cele două fire şi să trasăm liniile de forţă şi de nivel ale celor două câmpuri $\bar{E}$ şi $\bar{H}$.

Fluxul de energie care ar străbate câmpurile din jurul firelor este

$$\phi = \int_0 \int_1^2 \frac{H\,E}{4\pi}\,dr\,dx,$$

dr, dx fiind dimensiunile unui element de suprafaţă, cuprins între două linii de nivel magnetice, H şi $H + dH$ şi două linii de nivel electric V şi $V + dV$.

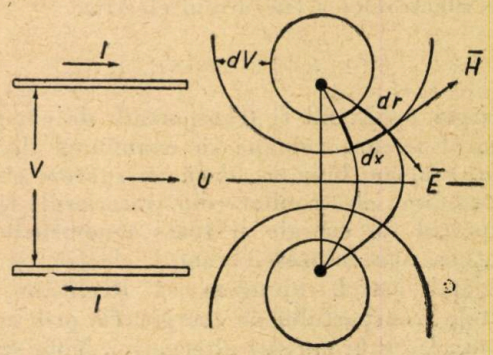


Fig. 1. Câmpurile electric şi magnetic din jurul firelor de transport al energiei.

Pentru o suprafaţă de nivel a lui E, avem

$$\int_0 H\,dx = 4\pi I, \text{ iar} \qquad (1)$$

$$E\,dr = dV, \qquad (2)$$

deci

$$\phi = I\int_1^2 dV = IV,$$

adică tocmai energia transmisă

$$IV = U = \int\int \frac{H\,E}{4\pi}\,dr\,dx. \qquad (3)$$

Cum se explică acest rezultat, consecinţă a actualei teorii şi care pare să o justifice?

Explicaţia este că, după cum rezultă din calculul de mai sus, formula (3) este oarecum o iden-

titate, o simplă transformare algebrică a expresiei IV, care poate fi pusă sub forma

$$\int\int \frac{HE}{4\pi} \, dr \, dx,$$

înlocuind pe I și V, cu valorile lor din (1) și (2).

Această transformare nu conferă însă, bineînțeles, integralei de mai sus, caracterul unui flux de energie prin câmpurile electric și magnetic din jurul firelor.

Greșita interpretare a vectorului Umov-Poynting a condus la o altă consecință vădit inexactă.

Deoarece, din cauza pierderilor ohmice, câmpul E este puțin înclinat pe planul normal pe fire, are adică o componentă paralelă cu firele, vectorul Π are și el o componentă normală pe fire, corespunzând unui flux de energie care ar pătrunde din câmpurile din jurul firelor, în fire. Datorită tot unei identități, în sensul de mai sus, acest flux egalează energia pierdută în efect Lenz-Joule; s'a dedus de aci că această energie nu este datorită mișcării electronilor în interiorul firelor, ci vine din câmpurile din jurul lor și intră în fire, fără a se arăta prin ce mecanism și cum se transformă energia câmpurilor în căldură.

Se privează, în felul acesta, electronii de orice rol, nu numai în transportul de energie, dar și în producerea căldurii Lenz-Joule, contrariu deci teoriei electronice a curentului electric.

ROLUL ELECTRONILOR

Energia neputând fi transportată de câmpurile din jurul firelor, rămâne să examinăm dacă nu putem, sau mai bine zis, dacă nu suntem obligați să atribuim electronilor din interiorul firelor, transportul de energie și toate fenomenele care constituesc sau însoțesc curentul electric și dacă procedând astfel, ajungem să explicăm toate aspectele transportului de energie, fie prin curenți continui, fie prin curenți alternativi. Vom expune în prealabil, pe scurt, chestiunile în legătură cu electronii și cu rolul lor în transmisiunea energiei electrice.

Curentul electric este un curent de electroni, expresia lui, fiind

$$I = nesi \text{ A},$$

în care: n — numărul de electroni pe cm^3, aproximativ, 10^{22};

$e = 1{,}6 \; 10^{-19}$ coulombi, — sarcina negativă a electronului;

s — secțiunea conductorului în cm^2;

i — viteza comună sau de ansamblu a electronilor în direcția conductorului în cm/s.

Sensul convențional al curentului electric este contrar sensului de mișcare al electronilor; iar sensul convențional al câmpului electric, face ca electronii supuși unui câmp electric, să fie solicitați în sensul contrar câmpului. Această împrejurare îngreuiază expunerea fenomenelor în care intervin electronii; deaceea, pentru a se evita acest neajuns, vom presupune în cele ce urmează, că electronii (și orice corp de sarcină negativă) sunt încărcați *pozitiv* și bineînțeles, ionii pozitivi (și orice corp de sarcină pozitivă), încărcați *negativ*; în acest mod, sensul curentului coincide cu sensul mișcării electronilor, iar electronii sunt solicitați de câmpul electric, în sensul câmpului.

ENERGIA POTENȚIALĂ A ELECTRONILOR

Un electron, pe lângă energia proprie, posedă și o energie potențială, care depinde de potențialul V al punctului unde se găsește electronul, și a cărei valoare e V, reprezintă lucrul necesar pentru a trece electronul dela potențialul zero la potențialul V. Energia potențială e V, are semnul lui V (conform convenției că sarcina electronului este pozitivă).

Intr'un conductor filiform de secțiune s, numărul electronilor pe unitate de lungime este ns, sarcina $Q = nse$, iar energia potențială QV.

TRANSPORTUL ENERGIEI PRIN CURENT CONTINUU

Să considerăm un transport de energie din A în B (fig. 2) cu ajutorul unui generator de f. e. m. E_a situat în A și al unui receptor de f. e. m. E_b, situat în B, legați prin 2 fire metalice de lungime l și de rezistență R, pe unitate de lungime.

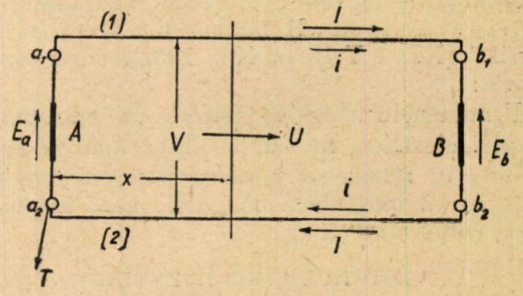


Fig. 2. Linia de transport de energie electrică.

Se presupune că punctul a_2 este legat la pământ și se găsește la potențialul zero.

Expresia energiei transmise, $U = VI$, nu ne dă nicio indicație asupra mecanismului transportului energiei; dacă însă înlocuim pe I cu valoarea sa exprimată în electroni,

$$I = nesi = Qi,$$

obținem

$$U = QV \times i \qquad (4)$$

Sub această formă, fluxul de energie U ne apare imediat, ca *un flux de energie potențială a electronilor care parcurg firele de transmisie.*

Totodată regăsim în expresia (4) a lui U, cei doi factori ai unui flux de energie;

i, viteza de ansamblu a electronilor în fire;

QV, energia potențială a electronilor pe unitatea de lungime a firelor de diferență de potențial V.

Acest al doilea factor nu mai este o forță ca în cazul unei transmisii de energie mecanică, ci o energie potențială pe unitate de lungime QV;

noțiune diferită de aceea de forță, deși de aceleași dimensiuni ca forța.

Iată acum care este mecanismul transmiterii energiei, odată regimul stabilit.

Intre a_2 și a_1, forța electromotoare E_a împinge electronii, în contra potențialului crescând, făcându-i să treacă dela potențialul zero la potențialul E_a, dela energia zero la energia $I\,E_a$, transformând energia (lucru mecanic) IE_a, desvoltată de generator, în energie potențială.

Electronii pornesc din a_1 cu energia IE_a și călătoresc dealungul firului (1), pierzând treptat din energie prin efect Lenz-Joule; în același timp, electronii care se găseau în b_1, cu energia

$$E_a\,I - Rl\,I^2 = E_b\,I + Rl\,I^2,$$

străbat indusul mașinii receptoare și transformă energia lor potențială E_bI, în lucru mecanic, ajungând în b_2 cu energia RlI^2.

Din b_2 electronii pornesc pe firul (2) ajungând în a_2 cu energia zero.

Cu modul acesta energia U este transportată de electroni din A în B.

TRANSFORMAREA ENERGIEI MECANICE IN ENERGIE POTENȚIALĂ A ELECTRONILOR, IN INTERIORUL MAȘINII DINAMO

In fig. 3, mașina dinamo este redusă schematic la un conductor A_1—A_2, reprezentând indusul, care alunecă pe cei doi conductori (1) și (2) ai transmisiunii, cu viteza v, în câmpul H dintre polii M_1 M_2 ai inductorului.

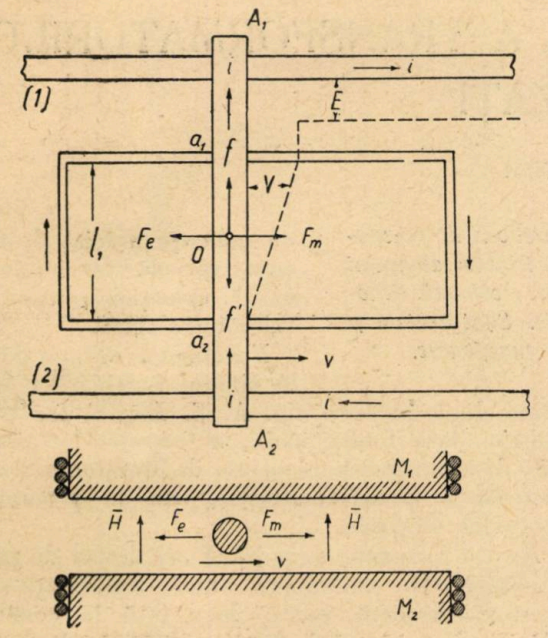


Fig. 3. Schema unui generator care transformă lucrul mecanic în energie potențială a electronilor.

Un electron O, din interiorul conductorului A_1—A_2 este supus:

a) Unei forțe mecanice transversală E_m, egală și de sens contrar cu forța electromagnetică, $F_e = ei\,H$, la care este supus electronul de sarcină e, mișcându-se cu viteza i, în câmpul H; această forță mișcându-se în propria-i direcție cu viteza v, execută pe secundă lucrul $eiHv$;

b) Unei forțe longitudinale $f = evH$, la care este supus electronul care se mișcă cu viteza v în câmpul H; această forță mișcându-se cu viteza i, execută lucrul $evHi$.

Se transformă astfel lucrul forței mecanice, $F_m = eiH$, de viteză v, în lucrul unei forțe electrice, $f = evH$ de viteză i.

Forța f este echilibrată de forța $f' = e\frac{dV}{dx}$, la care este supus electronul din partea câmpului electric $\frac{dV}{dx}$; din egalitatea $f = f'$ se deduce:

$$\frac{dV}{dx} = vH; \quad V = \int vH\,dx = vHl,$$

$vHl = E$ este f. e. m. a mașinii dinamo.

Energia transmisă electronilor de mașina generatoare $fl = evHl = eE$, este o energie potențială și *nu se vede ce ar putea fi altceva.*

Teoria transmisiunii energiei prin câmpuri, nu poate da nicio indicație asupra mecanismului, prin care energia mecanică a mașinii dinamo este transmisă câmpurilor din jurul firelor.

CURENTUL ALTERNATIV

Ca și în cazul curentului continuu, fluxul de energie care străbate un plan normal pe fire, în cazul curentului alternativ, poate fi pus tot sub forma

$$U = VI = VQ \times i,$$

VQ fiind energia potențială a electronilor, iar i viteza electronilor.

Expresia de mai sus înseamnă fără nicio îndoială că energia U este transportată de electroni prin fire; nu mai este deci loc pentru un alt transport de energie prin câmpurile din jurul firelor.

Dealtfel, ca și în cazul curentului continuu, egalitatea

$$IV = \int_s \frac{HE}{4\pi}\,ds,$$

este tot o identitate care, în cazul nostru nu ne îndreptățește a considera vectorul $\frac{HE}{4\pi}$, ca un flux de energie, deoarece în transmisiunile de energie prin curenți alternativi, deși I și V sunt variabile, amplitudinile lor sunt complet independente una de alta. Câmpurile H și E sunt deci și ele independente unul de altul și nu constituesc un câmp electromagnetic maxwellian, singurul pentru care vectorul Umov-Poynting reprezintă un flux de energie.

In sprijinul teoriei noastre citâm tratatul sovietic „Bazele teoretice ale electrotehnicei", de L. Neumann și P. Kalantarov, ediția 1948, vol. III, pag. 219, în care cunoscutul fizician Kalantarov se exprimă după cum urmează:

„Vom sublinia în mod special, că mărimile $\bar{E}$ și $\bar{H}$ din expresia vectorului Umov-Poynting, trebue să fie cele două părți ale câmpului electromagnetic,

adică trebue să fie legate între ele prin ecuaţiile câmpului electro-magnetic".

Este exact ceeace am susţinut şi noi, arătând că expresia

$$\Pi = \frac{[\bar{\varepsilon}\,\bar{H}]}{4\pi}$$

nu poate reprezenta un flux de energie, decât atunci când $\bar{E}$ şi $\bar{H}$ satisfac ecuaţiile lui Maxwell şi că, prin urmare, *este greşită interpretarea lui* II, ca flux de energie, în cazul câmpurilor $\bar{E}$ şi $\bar{H}$, din jurul firelor de transmisiune a energiei, astfel după cum se găseşte în majoritatea tratatelor de electricitate pe care le-am consultat. Această interpretare este greşită, pentru că aceste câmpuri nu sunt legate între ele prin ecuaţiile lui Maxwell, ci sunt complet independente unul de altul, iar în cazul curentului continuu, sunt şi independente de timp.

Mă găsesc deci, în această privinţă, alături de fizicianul sovietic, de mare autoritate ştiinţifică P. Kalantarov.

★

РОЛЬ ЭЛЕКТСОНОВ В ТРАНСМИССИИ ЭЛЕКТРПЭНЕРГИИ И ВЕКТОР УМОВА-ПОЙНТИНГА

Резюме

Современная теория, признанная единогласно, по которой транспортирование энергии по металлическим проводам происходит посредством трансмиссии через электрические и магнитные поля вокруг провода, основывается на предположении что, и в этом случае вектор Умова-Пойнтинга представлиет собой электрический поток.

Предположение необоснованное, потому что вектор не представляет собою электрический поток как только в случае электромагнитного поля, определенного уравнениями Максвеля, а это не бывает у полей вокруг провода.

На самом деле транспортирование энергии происходит посредством электронов которые которые движутся по прводу и которые образуют не только электрический ток, но и ток потенциальной энергии.

★

FUNCŢIONAREA NESIMETRICĂ A TRANSFORMATORILOR POLIFAZAŢI

Ing. V. BUNEA

Articolul prezintă caracteristicile de funcţionare ale unui transformator trifazat, alimentat în mod nesimetric numai pe o coloană. Fenomenele nu sunt sinusoidale. Sunt arătate şi studiate ecuaţiile de funcţionare.

In revista „Promâşlennaia Energhetica", 4 (1951), ing. A. S. Legler indică o nouă metodă de control al bobinajelor unui transformator trifazic. Controlul se referă la găsirea punctelor de scurtcircuit între spire, alimentând transformatorul nesimetric şi anume pe o fază, respectiv pe o coloană. Dacă nu există scurtcircuit între spire, tensiunile pe celelalte coloane sunt bine determinate de repartiţia fluxului principal.

Dacă din contră, există asemenea scurtcircuite, repartiţia tensiunilor este extrem de diferită de cea care ar trebui să fie şi ca atare, poate fi sezisată cu uşurinţă, ceeace duce la descoperirea şi localizarea defectului. Metoda este foarte simplă şi nu necesită niciun fel de instalaţie specială, putând fi efectuată de foarte multe ori, chiar la locul unde transformatorul este instalat. Metoda poate fi extinsă şi la celelalte maşini electrice, în particular la maşinile asincrone. In revista „Promâşlennaia Energhetica", ing. A. S. Legler, fără a intra în analiza cantitativă a fenomenului, dă indicaţii precise de felul cum variază tensiunile în cazul apariţiei scurtcircuitului între spire.

Fenomenele care se petrec în timpul încercărilor efectuate după metoda ing. A. S. Legler, fac parte dintr'o clasă foarte mare, a fenomenelor provocate de alimentarea, respectiv de funcţionarea nesimetrică a transformatorilor, sau în general, a maşinilor electrice.

Aceste fenomene sunt până azi destul de puţin studiate. O examinare mai amănunţită a acestor fenomene poate duce însă la concluzii extrem de interesante şi pline de consecinţe utile în practică.

In cele ce urmează, se va examina alimentarea nesimetrică a transformatorilor trifazaţi. Acest studiu este în legătură directă cu metoda preconizată de ing. A. S. Legler, contribuind printre altele şi la extinderea ei, O tratare completă a problemei, pentru transformatorii trifazaţi, nu este posibilă în cadrul unui articol de revistă. Deaceea, studiul de faţă se va mărgini la

cazul din fig. 1, al unui transformator trifazic, având câte un bobinaj pe fiecare coloană și alimentat monofazic, numai pe unul din bobinaje.

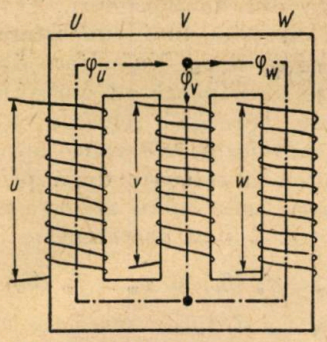


Fig. 1. Alimentarea unui miez trifazic, pe una din coloanele extreme.

Modul de soluționare preconizat aci, este aplicabil bineînțeles la orice funcționare nesimetrică. Cazul alimentării pe coloana din mijloc este ceva mai simplu. Se va nota (ca în fig. 1) cu u, e_u, r_u, φ_{su}, L_u, i_u, tensiunea aplicată, forța electromotoare, rezistența ohmică, fluxul de scăpări, inductivitatea și curentul circuitului de pe coloana U, cu v, e_v, r_v, φ_{sv}, L_v, i_v, w, e_w, r_w, φ_{sw}, L_w, i_w aceleași mărimi de pe coloanele V și W.

In ceeace privește circuitul magnetic, se va nota (ca în fig. 1), cu b_u, φ_u, θ_u, inducția, fluxul și forța magnetomotoare a circuitului U, b_v, φ_v, θ_v, b_w, φ_w, θ_w, aceleași mărimi de pe coloanele V și W.

Inainte de a trece mai departe, este bine să examinăm puțin situația fluxului de scăpări. In ipoteza unei alimentări pe U și unei sarcini pe W ($i_v = 0$) fluxul din coloana V, adică φ_v va juca rolul unui flux de scăpări atât pentru circuitul U, cât și pentru circuitul W. Evident că, din moment ce în calcule acest flux este menționat expres, el nu mai poate fi considerat încă odată inclus în coeficienții L_u sau L_w. Deci, inductivitățile L_u, L_v, L_w afectează fluxurile, care nu intră în vreunul din fluxurile comune circuitelor U, V, W. Aceste fluxuri se închid în cea mai mare parte prin aer. Fenomenele care intervin în studiul alimentării nesimetrice în mașinile electrice, vor permite o examinare mai ușoară a manifestării acestor fluxuri de scăpări. Putem însă afirma fără a intra aci în detalii, că *acești coeficienți nu sunt constanți* și *nu numai saturația fierului este principala cauză a variației lor*. Totuși, în aceste calcule se va considera în primă aproximație că L_u, L_v, L_w sunt constanți. Se va obține deci:

$$\varphi_{su} = L_u\, i_u; \quad \varphi_{sv} = L_v\, i_v; \quad \varphi_{sw} = L_w\, i_w.$$

In cazul nostru numărul de spire al bobinajelor U, V, W, este redus la numărul de spire al bobinei de alimentare U. Literele mici vor însemna valori instantanee, iar literile mari valori maxime. Se va studia funcționarea în cazul $i_v = 0$. Pentru circuitele electrice U și W și pentru circuitele magnetice se pot scrie următoarele ecuații, considerând ca sensuri pozitive pentru fluxuri, sensurile din fig. 1:

$$u + e_u + e_{su} = r_u\, i_u \tag{1}$$

$$-w + e_w + e_{sw} = r_w\, i_w \tag{2}$$

$$\varphi_u = \varphi_v + \varphi_w \tag{3}$$

$$\theta_u + \theta_v = n i_u \tag{4}$$

$$\theta_w - \theta_v = n i_w. \tag{5}$$

In afară de aceste cinci ecuații se mai cunosc și funcțiunile care leagă forțele magnetomotoare de fluxuri. In ipoteza că toate coloanele sunt formate din tole identice, fără interstiții sau cu interstiții cunoscute identice, aceste funcțiuni se reduc la una singură, rezultată din curba de magnetizare a materialului. Se va pune însă în general:

$$\varphi_u = f_u\,(\theta_u) \tag{6}$$

$$\varphi_v = f_v\,(\theta_v) \tag{7}$$

$$\varphi_w = f_w\,(\theta_w) \tag{8}$$

In aceste opt ecuații sunt opt necunoscute φ_u, φ_v, φ_w, θ_u, θ_v, θ_w, i_u, i_w. Privită astfel, problema este foarte complexă mai ales că până azi funcția de magnetizare de bază

$$b = \psi\,(H)$$

nu a putut fi încă determinată.

Acea tă funcție există însă grafic și variază cu materialul *chiar ca formă*.

FUNCȚIONAREA IN GOL

Se va examina în primul rând funcționarea în gol. In această situație ecuația (2) devine:

$$w = e_w = -\,n\,\frac{\mathrm{d}\varphi_w}{\mathrm{d}t}, \tag{9}$$

iar în ecuația (1) într'un prim calcul se poate neglija e_{su} și r_u, i_u, adică

$$u = -\,e_u = n\,\frac{\mathrm{d}\,\varphi_u}{\mathrm{d}t}; \quad \Phi_u = c^t. \tag{10}$$

In aceste condiții, ecuațiile inițiale devin:

$$u = \frac{\mathrm{d}\,\varphi_u}{\mathrm{d}t} \tag{11}$$

$$w = -\,\frac{\mathrm{d}\,\varphi_w}{\mathrm{d}t} \tag{12}$$

$$v = -\,\frac{\mathrm{d}\,\varphi_v}{\mathrm{d}t} \tag{13}$$

$$\varphi_u = \varphi_v + \varphi_w \tag{14}$$

$$\theta_u + \theta_v = n i_u \tag{15}$$

$$\theta_u - \theta_v = 0 \tag{16}$$

de unde mai rezultă: $u = -\,(v + w)$.

Admițând ipoteza în general îndeplinită, că u este o funcțiune sinusoidală, avem:

$$u = U \cos \omega t$$

adică

$$\varphi_u = \Phi_u \sin \omega t$$

$$U = \omega_u.$$

In aceste condiții, determinarea funcțiilor

necunoscute v și w, i_u, se poate face grafic, așa cum se indică în fig. 2.

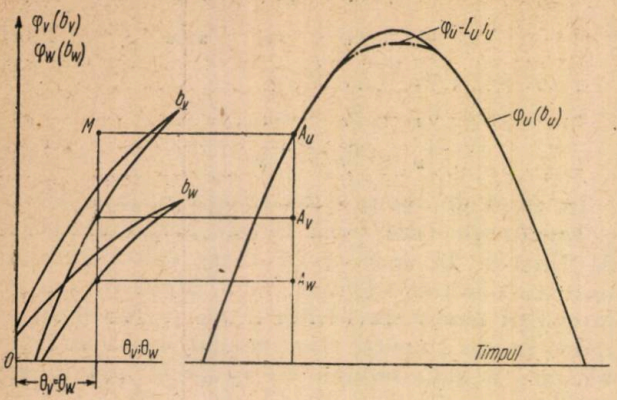


Fig. 2. Determinarea tensiunilor v și w.

Din curba de magnetizare a tolelor din care este executat transformatorul

$$b = \psi(H)$$

se poate deduce, presupunând pentru simplificare, că jugul are aceeași secțiune cu coloana

$$\varphi_v = s_v \psi\left(\frac{\theta_v}{l_v}\right) \quad \text{sau} \quad \varphi_v = f_v(\theta_u)$$

și

$$\varphi_w = s_w \psi\left(\frac{\theta_w}{l_w}\right) \quad \text{sau} \quad \varphi_w = f_w(\theta_w).$$

unde s_v și l_v sunt secțiunea și lungimea circuitului magnetic al coloanei V; la fel, s_w, l_w, s_u, l_u sunt aceleași elemente pentru coloanele W, respectiv U.

In stânga fig. 2 sunt reprezentate aceste două curbe. Dacă se ține seama de fenomenul de isterezis, care la examinarea acestor fenomene nu poate fi neglijat, fiecare din funcțiunile f_v și f_w sunt alcătuite din două ramuri. Trasarea celor două ramuri necesită însă cunoașterea valorilor maxime ale lui φ_v și φ_w. Nu se face o eroare prea mare, dacă se anticipează cu aproximație aceste valori maxime, apreciind reluctanțele circuitelor φ_v și φ_w. La nevoie, aceste valori apreciate anticipat vor putea fi refăcute după primul calcul. In general însă, acest lucru nu este necesar.

In stânga fig. 2 sunt reprezentate funcțiunile:

$$\varphi_v = f_v(\theta_v) \text{ și } \varphi_w = f_w(\theta_w)$$

cu valorile $\varphi_{v\,max}$ și $\varphi_{w\,max}$ apreciate așa cum s'a arătat.

In dreapta figurii se trasează în funcție de timp sinusoida

$$\varphi_u = \Phi_u \sin \omega t.$$

Se începe cu ramura urcătoare.

Pentru o valoare arbitrară a fluxului φ_v se găsește în stânga pe abscisă θ_v, care conform ecuației (16) este egal cu θ_w. Din curba f_w deducem φ_w. Aceste două fluxuri se însumează, găsindu-se punctul M, deoarece conform ecuației (3)

$$\varphi_u = \varphi_v + \varphi_w.$$

Această valoare a lui φ_u se poartă în sinusoida φ_u, găsindu-se astfel punctele A_u, A_v și A_w, care aparțin curbelor respective φ_u, φ_v, φ_w. Se continuă

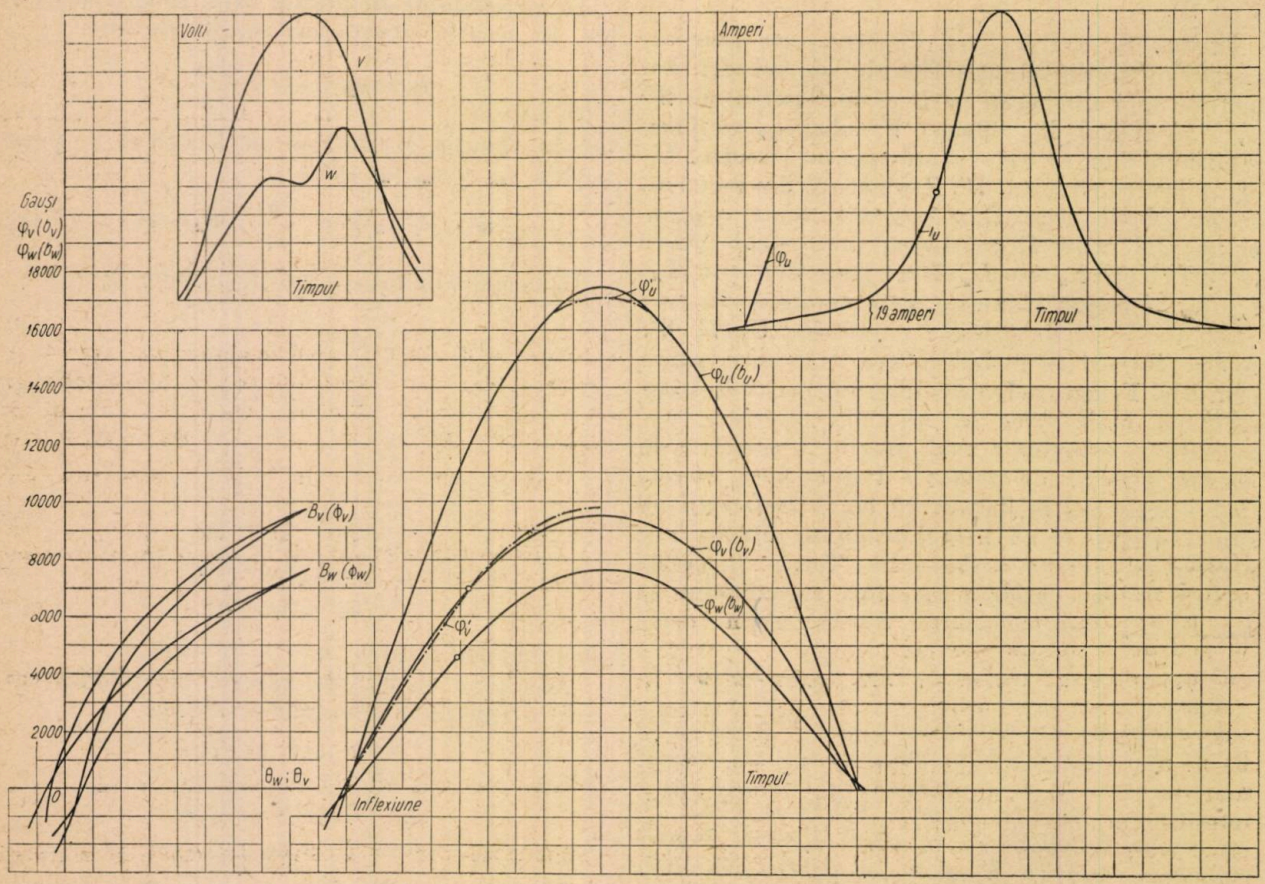


Fig. 3. Trasarea curbelor v și w la un transformator de 400 kVA.

această operațiune și se trasează ramura urcătoare a lui φ_v și φ_w. Se verifică astfel valorile maxime ale lui φ_v și φ_w, astfel încât se pot trasa în stânga ramurile corectate ale funcțiilor f_v și f_w.

Se continuă operația grafică descrisă, până la completa determinare a curbelor φ_v și φ_w. In fig. 3 este redată o astfel de construcție pentru un transformator de 400 kVA de fabricație obișnuită. In ordonată, în locul fluxului s'au trecut inducțiile. Transformatorul are următoarele date: secțiunea coloanei 257 cm²; secțiunea jugului 281 cm²; distanța între coloane 348 cm; dimensiunea ferestrei 650 × 150 mm; înălțimea totală a miezului 1030 mm; diametrul cercului circumscris coloanei 210 mm; lungimile liniilor de flux în conformitate cu fig. 1 $l_v = 84$ cm; $l_w = 147$ cm. Lungimea liniei de forță l_w, s'a obținut reducând lungimea de flux a coloanei de $2 \times 34{,}8$ cm în raportul secțiunilor coloanei și jugului, adică:

$$l_w = 84 + 2 \times 34{,}8 \frac{257}{281} = 147 \text{ cm}.$$

Tola folosită a fost tola după GOST 802—49, având cifrele de calitate reproduse de lucrarea sovietică „Calculul transformatorilor", de Bulgacov. Pe coloane s'au pus câte 50 spire egal repartizate și strânse pe toată înălțimea coloanei. Curba fluxului respectiv a inducției pe coloana w este foarte aproape de o sinusoidă, în afară de o inflexiune destul de pronunțată dealtfel, în regiunea de zero. Această inflexiune provoacă însă în curba de tensiune a miezului W, $w = -\frac{d\varphi_w}{dt}$ o deformație pronunțată. In fig. 3 stânga sus, s'a reprezentat cum arată această curbă de tensiune, rezultând din curba fluxului φ_w. Inflexiunea se datorează fenomenului de isterezis, care în situația prezentată se manifestă mult mai accentuat la coloana W, cu toate că inducția este mai redusă. Acest lucru se poate urmări foarte bine în regiunea inferioară a curbelor f_v și f_w din stânga fig. 3. Aspectul neregulat atât de pronunțat al curbei w este provenit numai din inflexiunea marcată pe curba φ_w, care în afară de această neregularitate este foarte aproape de o sinusoidă, neavând deci aproape niciun efect în miezul W asupra eventualei măriri a pierderilor în fier.

Curba φ_v este în schimb mai deformată. Vârful ei este turtit. Consecința este că forma curbei $v = -\frac{d\varphi_v}{dt}$ are aspectul din fig. 3 stânga sus. Influența acestei deformații este o creștere, relativ redusă dealtfel, a pierderilor în fier în acest miez. Transformatorii de sudură cu șunturi magnetice, în gol, au o situație similară. In fig. 3 s'a reprezentat „linie punct" și sinusoida φ'_v, având aceeași valoare eficace cu a curbei φ_v. Tot în fig. 3 dreapta sus, s'a trasat și curba curentului i_u, servindu-ne de relația (4), θ_v este cunoscut din construcția de mai sus, iar θ_u se determină în modul cunoscut, folosind curba de magnetizare a tolelor, ca și la orice transformator. Cunoscând i_u se poate face corecția curbei φ_u folosindu-se ecuația (1). Determinarea fluxului de scăpări $L_u i_u$ poate fi efectuată direct sau poate fi calculată. Pentru calcul se poate folosi metoda preconizată de prof. Tudor Tănăsescu, publicată în Buletinul de Studii și Cercetări Tehnice, vol. 1, 1949. Studiul tratează problema transformatorilor de sudură și poate servi foarte bine ca ghid în cazul expus aci. In fig. 3 s'a trasat în φ'_u curba φ_u corectată. La vârf se face corecția căderii inductive, iar la bază cea a căderii ohmice. Aceasta din urmă este însă mică, chiar la inducții mai importante, ca de pildă de 17 500 gauși, cum a fost cazul exemplului ales.

Curba φ_v are și ea la bază variații accentuate ale tangentei, însă spre deosebire de curba φ_w, această variație este în același sens. Rezultatul acestei variații se traduce în curba v printr'o ascuțire a vârfului, care însă nu a mai fost redată în fig. 3 stânga sus. Ea apare în oscilogramele, care au fost luate la platforma de încercări, așa cum arată fig. 4. Variațiile tangentei la baza curbelor φ_v și φ_w datorite fenomenului isterezis se manifestă accentuat și la inducții reduse.

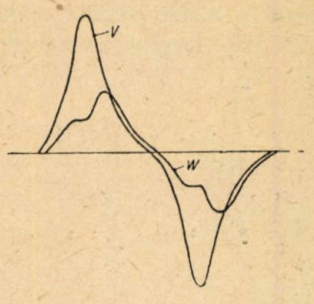


Fig. 4. Oscilogramele curbelor v și w la un transformator de 400 kVA, 15 000 V.

Fig. 5, unde sunt reproduse aceleași curbe, însă la o inducție în miezul U de 10 000 gauși, ilustrează acest lucru. Oscilogramele din fig. 4 și 5 se apropie foarte mulțumitor de construcția grafică preconizată. Se mai deduce din cele de mai sus și din fig. 3, că φ_u, φ_v, φ_w nu sunt în fază. Decalajul este de ordinul $\frac{\pi}{40} \ldots \frac{\pi}{50}$ dealtfel destul de mic.

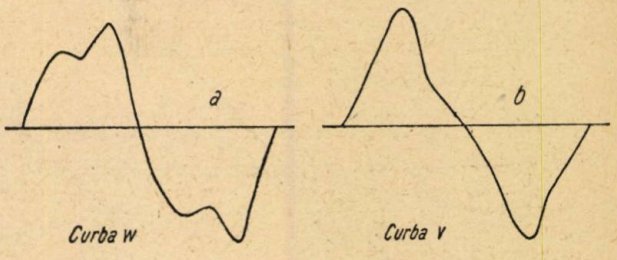


Fig. 5. a, b. Oscilogramele curbelor w și v la inducție redusă.

Analiza curbelor din fig. 3 ne permite să tragem concluzia, că relația dintre valorile eficace:

$$E_{ueff} = V_{eff} + W_{eff} \cong U_{eff}$$

nu poate fi îndeplinită cu rigurozitate. Se găsește o diferență destul de mică, altfel zis:

$$E_u \neq V + W.$$

Intre valorile eficace ale fluxului avem:

$$\Phi_{ueff} > \Phi_{veff} + \Phi_{weff}.$$

Intre tensiuni, din cauza deformărilor amintite, avem:

$$E_{ueff} \leqslant V_{eff} + W_{eff}.$$

Se constată grafic diferențe de ordinul 1···2%. Aceste diferențe cresc cu inducția în miezul U. O citire la platforma de încercare a dat pentru $U = 300$ volți, $V = 202$ volți și $W = 101$ volți, adică $W + V = 303$ volți cu 1% mai mare ca 300 volți. Când inducția în coloana U este mai mare, se face simțită și căderea de tensiune dela U la E_u, în sensul că $E_u < U$.

Din această pricină se poate conchide cu suficientă aproximație că $U \approx V + W$, relație de care ing. A. S. Legler face uz în aplicarea metodelor sale.

FUNCȚIONAREA IN SARCINĂ

Acest caz intervine printre altele atunci, când în metoda de încercare a ing. Legler se găsește un scurtcircuit între spire. Se va examina cazul unei sarcini numai pe W.

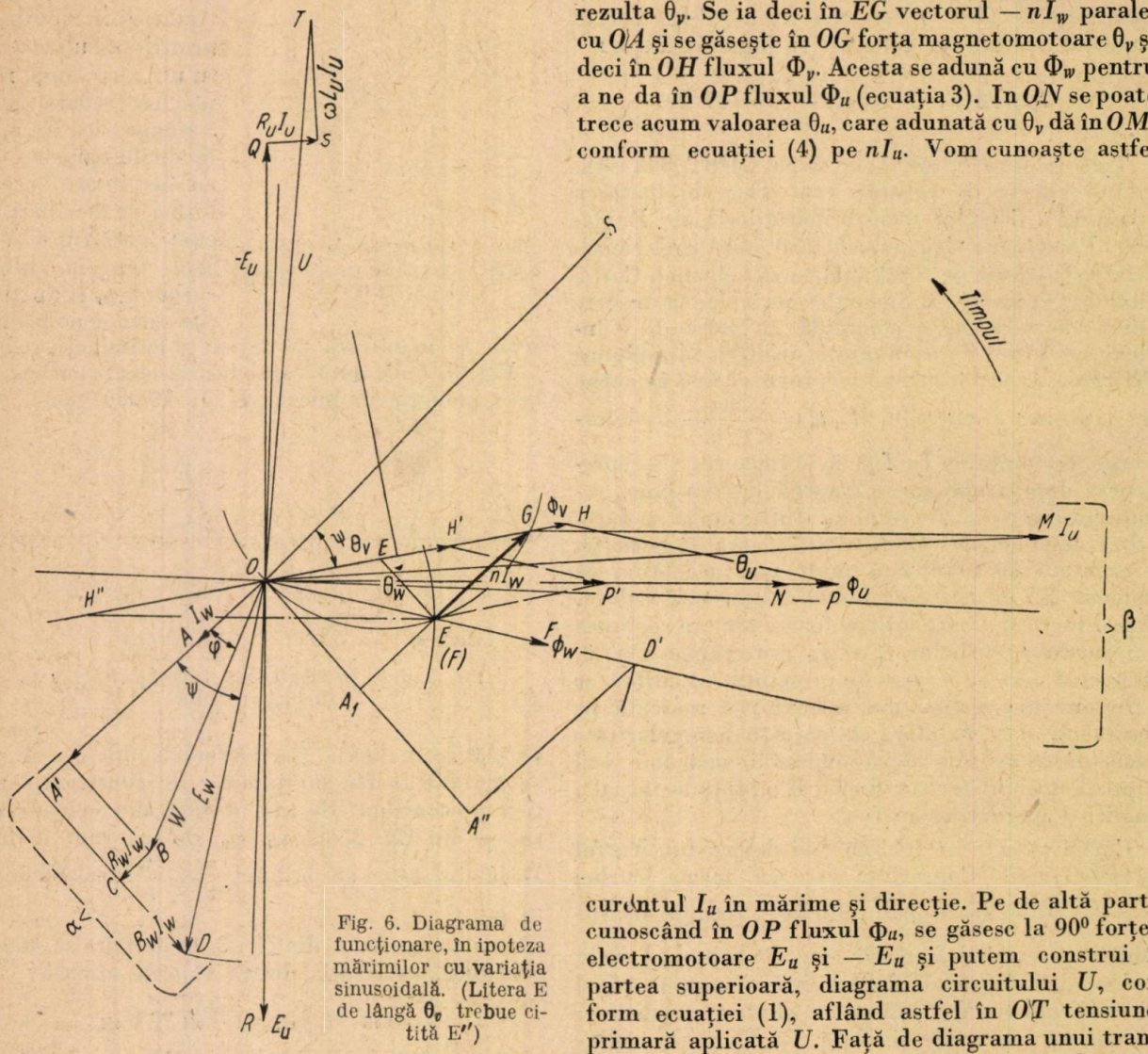


Fig. 6. Diagrama de funcționare, în ipoteza mărimilor cu variația sinusoidală. (Litera E de lângă θ_v trebue citită E'')

Dela început se poate închipui cu ușurință, că fenomenele care se petrec în acest caz nu sunt sinusoidale, deoarece nici în gol nu au fost. Deformațiile față de sinusoidă ale curbelor v și w la mersul în gol sunt de ordinu' 20% și depind de curba de isterezis a materialului. Oscilogramele indică câteodată deformații de ordinul 30···40%.

Pentru a putea studia fenomenul mai cu ușurință, se va presupune pentru început că diferitele mărimi variază sinusoidal. In acest caz se poate face uz de construcția vectorială. Se vor construi astfel vectorial ecuațiile (1)···(5) (fig. 6).

Se pornește dela curentul și tensiunea secundară I_w și U_w, care se presupun cunoscute. Unghiul de decalaj între acestea fie φ. Se duc în OA și OB vectorii I_w și U_w. Se construește astfel în modul cunoscut conturul $OBCDO$. In felul acesta, ansamblul notat pe fig. 6 cu α este complet cunoscut. Se găsește astfel în OD respectiv OF forța electromotoare E_w, fluxul corespunzător Φ_w, iar forța magnetomotoare θ_w în OE. Conform ecuației (5), aceasta din urmă se adună cu nI_w pentru a rezulta θ_v. Se ia deci în EG vectorul $-nI_w$ paralel cu OA și se găsește în OG forța magnetomotoare θ_v și deci în OH fluxul Φ_v. Acesta se adună cu Φ_w pentru a ne da în OP fluxul Φ_u (ecuația 3). In ON se poate trece acum valoarea θ_u, care adunată cu θ_v dă în OM, conform ecuației (4) pe nI_u. Vom cunoaște astfel curentul I_u în mărime și direcție. Pe de altă parte, cunoscând în OP fluxul Φ_u, se găsesc la 90° forțele electromotoare E_u și $-E_u$ și putem construi în partea superioară, diagrama circuitului U, conform ecuației (1), aflând astfel în OT tensiunea primară aplicată U. Față de diagrama unui transformator obișnuit, apare aci un complex de fluxuri și forțe magnetomotoare notate cu β în fig. 6. Din această pricină, tensiunea W este foarte rapid căzătoare, odată cu creșterea lui I_w pentru U c^t. Este interesant de știut cum variază mărimile W, V, I_u la diferite sarcini I_w, considerând U = constant în ipoteza că se menține același caracter al circuitului exterior secundar, adică decalajul exterior φ este constant. Intr'o

primă aproximație se poate considera Φ_u constant, dedus din tensiunea aplicată U după relația

$$\Phi_u = \frac{U_{eff}\, 10^8}{4{,}44 \cdot f \cdot n}$$

$U_{eff} = \frac{U}{\sqrt{2}}$ în volți, Φ_u în maxweli.

Acest lucru nu este adevărat și urmează ca la urmă să se aducă corectările necesare.

S'a văzut mai înainte că în gol, tensiunea W este mică și nu poate aduce în miezul W decât inducții de maximum 8000 gauși. In sarcină, această valoare descrește foarte rapid. Ne vom găsi astfel în mod riguros pe porțiunea dreaptă a caracteristicii de magnetizare, putându-se deci scrie :

$$\varphi_w = f_w(\theta_w) = k\,\theta_w \qquad (17)$$

coeficientul k are caracterul unei inductivități. Se neglijează efectele fenomenului isterezis. Dacă se ține cont și de acesta, relația (17) ar trebui scrisă cu aproximație :

$$\varphi_w = k\,\theta_w + \varphi_{ow} \qquad (18)$$

φ_{ow} fiind valoarea corespunzătoare fluxului remanent. Acesta este negativ pe ramura urcătoare și pozitiv pe cea coborîtoare.

Dacă numim cu s_w, l_w, H_{w6000}, secțiunea, lungimea și câmpul la o inducție de 6000 gauși, pentru coloana W (jugul socotit că are aceeași secțiune ca miezul), se obține :

$$k = 10 \cdot 6000 \frac{s_w}{l_w H_{w6000}} = 60\,000 \frac{s_w}{l_w H_{w6000}} \text{ cm.} \qquad (19)$$

s_w în centimetri patrați, l_w în centimetri și H_{w6000} în amper-spire/cm.

In aceste condiții se poate lua scara fluxului și a curenților astfel încât punctul F să coincidă cu E. Punctul P și H vor veni astfel în P' și H', astfel ca $EH' // FH$ și $EP' // FP$.

Urmează să se găsească valoarea lui Φ_w pentru un Φ_v dat.

Se vor cunoaște deci punctele G și H' și se mai observă că unghiul OEG este cunoscut, căci depinde de φ exterior presupus cunoscut. $OP = \Phi_u$ și este cunoscut, după cum s'a arătat. In aceste condiții se poate vedea ușor că punctul E poate fi ușor găsit prin următoarea construcție grafică. Se prelungește OG în sens invers și se ia $OH'' = OH'$. Punctul E se află la intersecția cercului cu centrul în H'' și cu raza OP' cu cercul trecând prin $OE'G$ și având centrul pe o dreaptă OS făcând unghiul ψ (care e constant și cunoscut) cu direcția Φ_v. Dacă se înseamnă cu R_e și L_e rezistența și inductivitatea circuitului exterior, se obține pentru unghiul ψ expresia :

$$\operatorname{tg} \psi = \omega \frac{L_e + L_w}{R_e + r_w}. \qquad (20)$$

Odată punctul E găsit, se găsește imediat OP' egală și paralelă cu $H'E$, determinându-se fluxul Φ_u în direcție. In fine, se găsește

$$-I_w = \frac{EG}{n} \quad \text{și} \quad I_u = \frac{\overline{OG} + \overline{ON}}{n} = \frac{OM}{n}.$$

Făcând această operațiune pentru diferite valori ale lui Φ_v, se găsește locul punctelor E și P' și apoi considerând invers, OP' constant în mărime și direcție se găsește locul punctelor E și G de unde rezultă toate mărimile care interesează. Pentru valori mai mari ale lui I_u, respectiv Φ_u se poate face corecția fluxului Φ_u care s'a văzut că se micșorează cu cantitatea $L_u' I_u$ (fig. 6). Această operațiune se face corectând raza OP' a cercului cu centrul în H'' în mod corespunzător. In mod practic însă, este mai interesant locul punctelor E și G, când rezistența exterioară se schimbă, iar inductanța L_e a circuitului exterior se menține constantă și cunoscută. In acest caz se cunoaște $A'D$ în funcție de I_w :

$$A'D = E_w \sin \psi = \omega I_w (L_e + L_w).$$

Dacă se rotește în avans triunghiul $OA'D$ cu 90^0 se dă peste triunghiul $OA''D'$. Dacă se ia scara voltilor astfel încât OE, care reprezintă Φ_w și θ_w, să reprezinte și E_w, se va obține :

$$EA_1 = \omega I_w (L_e + L_w) \text{ iar } \frac{EG}{EA_1} = \frac{\omega (L_e + L_w)}{n}$$

= cunoscut și constant $= \frac{GE''}{E''O}$, iar punctul E se găsește la intersecția cercului cu centrul în H'' și raza OP', cu cercul având GE'' ca diametru.

In fig. 7*a* s'a făcut această diagramă, pentru cazul exemplului ales mai înainte, presupunând $U_{eff} = c^t = 400$ V.

S'au determinat :

$$\omega L_w = 0{,}3\,\Omega \quad r_w = 0{,}1\,\Omega$$

și s'a presupus că circuitul exterior este fără inductivitate : $\omega L_e = 0$; pentru valoarea k a rezultat :

$$k = 60\,000 \frac{257}{147 \cdot 0{,}63} = 1{,}66 \cdot 10^5 \text{ cm.}$$

Dacă în loc de fluxuri se folosesc tensiunile proporționale acestora, fluxului corespunzător inducției maxime de 6000 gauși se constată că îi corespunde o tensiune W_{eff} de 171 volți, așa că pentru k s'a luat

$$k = \frac{171}{147 \cdot 0{,}63} = 1{,}85,$$

valoare care a determinat scara voltilor și a curenților. In loc de θ_v, θ_w, θ_u, s'au luat $\frac{\theta_v}{n}$, $\frac{\theta_w}{n}$, $\frac{\theta_u}{n}$ astfel încât curenții au rezultat direct în amperi.

V_{eff} respectiv Φ_v a variat dela $\sim$ 250 V la mersul în gol (fig. 3) până la $\sim$ 375 V valoare apropiată de tensiunea primară de 400 V redusă cu cantitatea $L_u \omega I_u$. $L_u \omega$ s'a găsit $= 0{,}3\,\Omega$, iar curentul îl apreciem 37 A efectiv față de 20 A în gol, (calculat după metoda precedentă). Căderea de tensiune inductivă, singura care se scade aritmetic din U (fig. 6) este de ordinul

$$\Delta U \approx 0{,}3 \cdot 37 \approx 12 \text{ V},$$

deci

$$V_{eff} = U - \Delta U = 400 \approx 12 \approx 388 \text{ V}.$$

Pentru

$$W = 171 \text{ V}$$

$$\theta_w = \frac{171}{185} = 92{,}5 \text{ Asp}$$

$$\frac{92{,}5}{50} = 1{,}85 \text{ A}$$

(valoare maximă) adică la scara volților 1A este reprezentat prin 92,5 V.

direcție fluxul Φ_v, deasemenea în volți. Dreapta WI_w reprezintă curentul maxim I_w în amperi. In θ_u pe direcția OV s'a trecut θ_u (la scară mai redusă).

Pe $\theta_u I_u$ paralelă cu $O\Phi_v$ și egală cu OI_w s'a luat valoarea θ_v la aceeași scară redusă și se găsește în OI_u curentul I_u maxim și ψ_u unghiul acestuia față de Φ_u (totul la scara redusă lui θ_u).

Dacă se notează aceste mărimi se poate întocmi diagrama *b* din fig. 7, unde s'a menținut constant

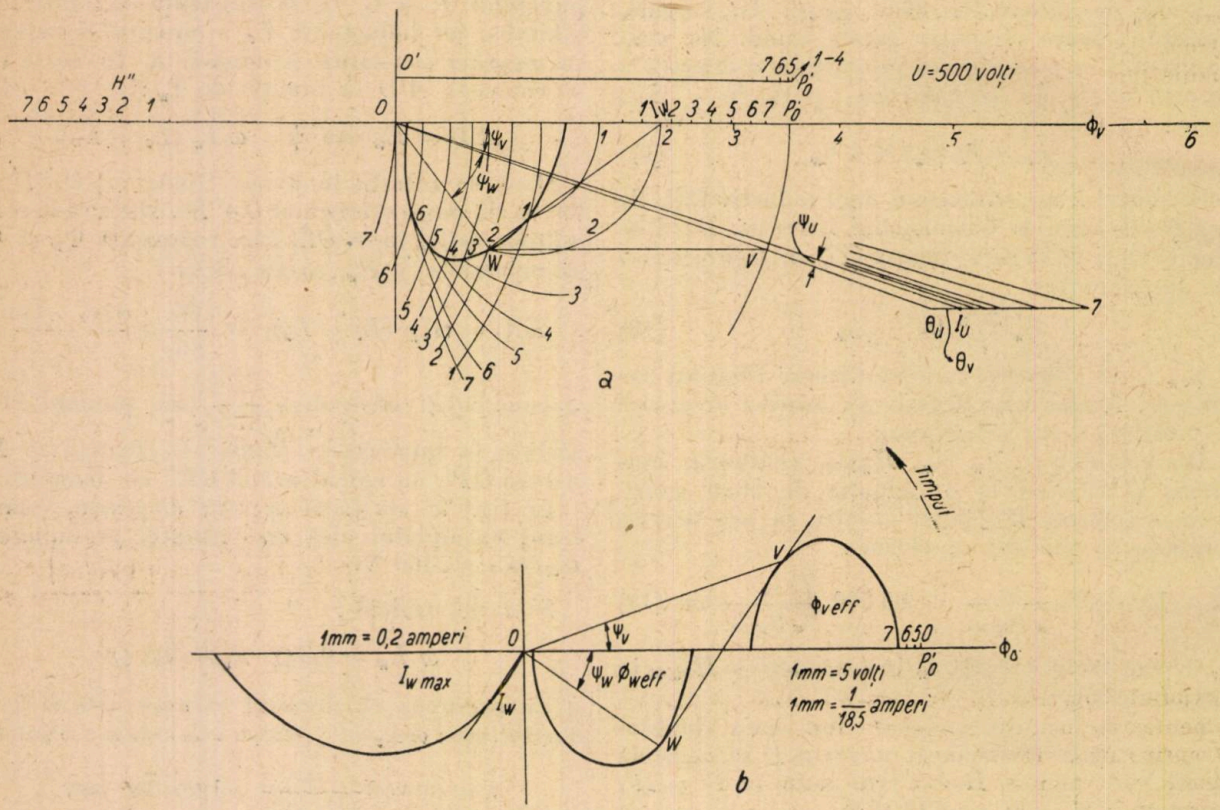


Fig. 7. *a, b.* Determinarea locului punctelor V, W, I_u, I_w.

In fig. 7 s'a luat 1 mm = 5 V și deci 18,5 mm=1 A. Deasemenea se obține :

$$\frac{GE''}{E''O} = \frac{\omega L_w}{n} = \frac{0{,}3}{50} = 0{,}006$$

și ținând cont că tensiunile sunt reprezentate la valoarea eficace, se va lua

$$\frac{GE''}{E''O} = \frac{0{,}006}{\sqrt{2}} = 0{,}0043 \text{ adică } \frac{E''O}{OG} = \frac{0{,}0043}{1{,}0043} = 0{,}43\ \%$$

In fig. 7a, s'a trasat curba vârfului vectorului W; diferitele puncte sunt notate **1, 2, 3, ..., 7**. Cercurile cu centrul în H'' s'au trasat : cu raza OP'_0, cele pentru vectorii **1÷4** incl. cu raza OP'_5 pentru vectorul **5**, cu OP'_6 pentru vectorul **6**, realizându-se astfel și corecturile fluxului principal Φ_u. Diferitele mărimi se găsesc pe diagrama *a* din fig. 7 în felul următor : OW la scara tensiunilor reprezintă tensiunea W în volți, sau deasemenea fluxul proporțional Φ_w direcția tensiunii W fiind la 90° înapoi. Segmentul WV paralel la axa $O\Phi_v$ limitat la cercul OP'_0 reprezintă în mărime și în direcție și aproximativ în mărime fluxul Φ_u, adică așa cum se întâmplă în realitate. Pe această diagramă, pentru un anumit $W = OW$ se găsește $OV = V$ volt, dacă $P'_0 V // OW$; WV este curentul I_w care a fost reprezentat la o scară diferită în OI_w. Se vede că locul punctelor V și W sunt niște curbe destul de asemănătoare elipselor. I_u nu s'a mai trecut pentru a nu încărca figura. El se obține din $\vec{\theta_u} + \vec{\theta_v}$ luate pe direcțiile OV și OP'_0.

Din datele diagramei *b* din fig. 7 s'au putut trasa curbele fig. 8, care reprezintă valorile V, I_w în funcție de W.

Punctat s'au reprezentat curbele luate experimental la platformă. Valoarea I_w experimentală este cea eficace. Se vede că curba V experimentală este suficient de aproape de cea calculată. Diferența se explică prin aceea că, forma curbei V, ca și aceea a curbei W nu este sinusoidală. Intre valorile $I_{w\,max}$ calculat și I_{weff} măsurat se găsește raportul 2,1—2,3, adică, cu multă aproximație, coeficientul de formă al curenților de magnetizare la transformatori, coeficient care se de-

termină cu mai multă ușurință, dacă se întrebuințează metoda puterii magnetizante, metodă detaliată în lucrarea citată mai sus a ing. Bulgacov.

S'a arătat că diagramele din fig. 6 și 7 se aplică în cazul când mărimile variază sinusoidal. Cum acest lucru nu se întâmplă în realitate, după cum s'a văzut la studiul mersului în gol, diagramele din fig. 6 și 7 dau totuși posibilitatea de a stabili destul de rapid și aproximativ exact cantitativ, existența și intensitatea unui eventual scurcircuit între spire. Se vede, că în cazul unui scurtcircuit între spire, pe coloana W, tensiunea V crește extrem de rapid (fig. 8), ceea ce confirmă concluziile ing. A.S. Legler.

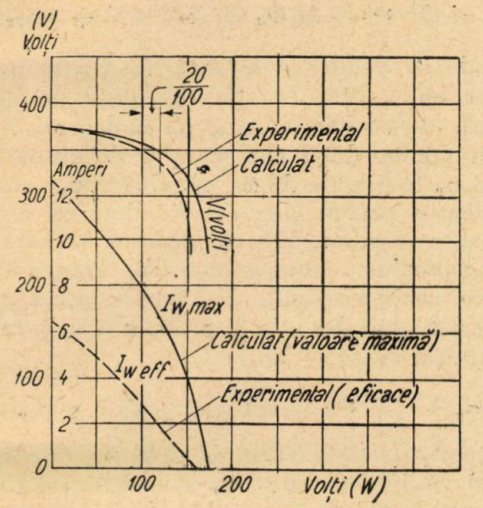


Fig. 8. Curbele V, I_w în funcție de W.

Studiul funcționării transformatorului trifazic alimentat numai pe o fază în felul cum a fost întreprins până aci nu poate fi în niciun caz considerat ca terminat fără a studia și fenomenele deformante care intervin în această funcționare și care sunt deosebit de importante.

Ne propunem să determinăm curba funcțiunii φ_v, respectiv v. In acest scop se vor relua ecuațiile (1)—(5), la care, precum s'a văzut, se mai poate adăuga ecuația (17). Ecuația (2) mai poate fi scrisă ținând cont de (20) și de faptul că :

$$-n\frac{\mathrm{d}\varphi_w}{\mathrm{d}t} = e_w$$

$$-n\frac{\mathrm{d}\varphi_w}{\mathrm{d}t} = (R_e + r_w)\, I_w + (L_e + L_w)\frac{\mathrm{d}i_w}{\mathrm{d}t} \quad (21)$$

dacă se notează cu $R_e + r_w = r$ și $L_e + L_w = L$ ecuația (21) devine

$$-n\frac{\mathrm{d}\varphi_w}{\mathrm{d}t} = r\, i_w + L\frac{\mathrm{d}i_w}{\mathrm{d}t}. \quad (22)$$

In prima aproximație se va considera și aci că $\Phi_u = ct$ adică

$$\varphi_u = \Phi_u \sin \omega t.$$

Ecuația (3) mai poate fi scrisă :

$$\varphi_w = \varphi_u - \varphi_v \quad (23)$$

sau

$$\frac{\mathrm{d}\varphi_w}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\varphi_u}{\mathrm{d}t} - \frac{\mathrm{d}\varphi_v}{\mathrm{d}t}. \quad (24)$$

Eliminând θ_w între (17) și (5) se obține :

$$\frac{\varphi_w}{k} - \theta_v = n\, i_w. \quad (25)$$

Dacă se elimină i_w și φ_w între ecuațiile (22), (23), (24), (25), se obține următoarea ecuație diferențială :

$$\left(n^2 + \frac{L}{k}\right)\left(\frac{\mathrm{d}\varphi_u}{\mathrm{d}t} - \frac{\mathrm{d}\varphi_v}{\mathrm{d}t}\right) + \frac{r}{k}(\varphi_u - \varphi_v) =$$

$$= L\frac{\mathrm{d}\theta_v}{\mathrm{d}t} + r\,\theta_v = L\frac{\mathrm{d}\theta_v}{\mathrm{d}\varphi_v}\frac{\mathrm{d}\varphi_v}{\mathrm{d}t} + r\,\theta_v. \quad (25\ a)$$

Integrala aceasta se poate rezolva grafic din aproape în aproape calculând creșterile $\Delta\varphi_v$. In acest scop pentru intervalul $\Delta t = \frac{\Delta\omega t}{\omega}$ se poate spune

$$\varphi_v = \varphi_{ov} + h\,\theta_v \quad (26)$$

$$\frac{\mathrm{d}\theta_v}{\mathrm{d}\varphi_v} = \frac{1}{h}. \quad (27)$$

Valorile din aceste ecuații au semnificația care rezultă din fig. 9. Pentru simplificarea problemei, și așa destul de complexă, se vor neglija efectele fenomenului isterezis, care dealtfel în sarcină are o influență redusă.

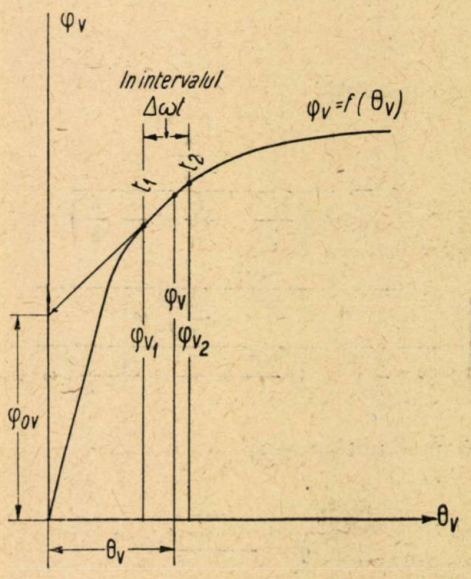


Fig. 9. Artificiu pentru soluționarea aproximativă a ecuației (25 a).

In aceste condiții, ecuația (25 a) devine :

$$\left\{\frac{kn^2}{r} + \frac{L}{r} + \frac{Lk}{rh}\right\}\frac{\mathrm{d}\varphi_v}{\mathrm{d}t} + \left(1 + \frac{k}{h}\right)\varphi_v = \left(\frac{kn^2}{r} + \right.$$

$$\left. + \frac{L}{r}\right)\frac{\mathrm{d}\varphi_u}{\mathrm{d}t} + \varphi_u + \frac{k}{h}\varphi_{ov} \quad (27\ a)$$

adică :

$$\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}+\frac{Lk}{rh}\right)\frac{\mathrm{d}\varphi_v}{\mathrm{d}t}+\left(1+\frac{k}{h}\right)\varphi_v=$$

$$=\Phi_{u\max}A\sin(\omega t+\alpha)+\frac{k}{h}\varphi_{ov}$$

unde

$$\operatorname{tg}\alpha=\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}\right)\omega \qquad (28)$$

$$A=\sqrt{1+\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}\right)^2\omega^2}\,.$$

In afară de această rezolvare, relativ greoaie, a ecuației (25 a) respectiv (28), mai este posibilă și o rezolvare mai exactă și mai simplă a ecuației (28). Aceasta se poate face integrând pe intervale de timp $\frac{\Delta\omega_t}{\omega}$ suficient de apropiate, astfel încât în acest interval să se poată considera constante mărimile h și φ_{ov}. In acest caz, soluția generală a ecuației (28) pe intervalul $\Delta\omega t$ este :

$$\varphi_v=Ce^{-\varrho\omega t}+M\Phi_u\sin(\omega t+\beta)+\frac{\frac{k}{h}}{1+\frac{k}{h}}\varphi_{ov} \qquad (29)$$

$$\operatorname{tg}\beta=\frac{\left(1+\frac{k}{h}\right)\left(\frac{k}{r}n^2+\frac{L}{r}\right)\omega-\omega\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}+\frac{Lk}{rh}\right)}{1+\frac{k}{h}+\omega^2\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}+\frac{Lk}{rh}\right)\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}\right)} \qquad (30)$$

unde :

C este o constantă.

$$\varrho=\frac{1+\frac{k}{h}}{\omega\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}+\frac{L}{r}\frac{k}{h}\right)} \qquad (31)$$

$$M=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}\right)^2\omega^2}{\left(1+\frac{k}{h}\right)^2+\left(\frac{kn^2}{r}+\frac{L}{r}+\frac{L}{r}\frac{k}{h}\right)^2\omega^2}} \qquad (32)$$

Dacă mai notăm și :

$$q=\frac{\frac{k}{h}}{1+\frac{k}{h}} \qquad (33)$$

ecuația (29) valabilă pentru intervalul

$$t_2-t_1=\Delta t=\frac{\Delta\omega t}{\omega}$$

devine

$$\varphi_v=Ce^{-\varrho\omega t}+M\Phi_u\sin(\omega t+\beta)+q\varphi_{ov} \qquad (34)$$

dela $t_1 \rightarrow t_2$).

Ecuația (34) este valabilă atât timp cât φ_v se găsește între valorile φ_{v1} și φ_{v2} (vezi fig. 9). Acesta este și motivul pentru care termenul exponențial nu poate fi neglijat, cu toate că are decrementul negativ. Curba fluxului φ_v, sau ceeace este tot una, a inducției în coloana V, (indirect deci a tensiunii V) — poate fi trasată grafic, folosind ecuația (34) în felul următor :

Se presupune că se cunoaște o pereche de valori corespondente ωt_1 și φ_{v1}, adică la $\omega t=\omega t_1$, $\varphi_v=\varphi_{v1}$.

Se vor determina cu ajutorul ecuațiilor (30), (31), (32), (33), elementele β, ϱ, M, q, pentru h și φ_{ov}, corespunzând valorii φ_{v1} cunoscută (fig. 9). Aceste elemente introduse în (34) dau ecuația

$$\varphi_{v1}=Ce^{-\varrho\omega t_1}+M\Phi_u\sin(\omega t_1+\beta)+q\varphi_{ov} \qquad (35)$$

de unde se deduce constanta C. Odată această valoare cunoscută, ecuația (34) este perfect rezolvată, așa că putem varia pe ωt dela ωt_1 în plus sau în minus, după caz, notând diferitele valori ale lui φ_v în funcție de ωt, până când φ_v va ajunge la valoarea pentru care se consideră că h și φ_{ov} nu mai corespund. Fie φ_{v2} această valoare, care va corespunde acum unei valori ωt_2. Pentru această valoare vor corespunde alți coeficienți h și φ_{ov}. Se recalculează din nou β, ϱ, M, q și se determină o nouă constantă C din ecuație

$$\varphi_{v2}=Ce^{-\varrho\omega t_2}+\sin(\omega t_2+\beta)+q\varphi_{ov}.$$

Se pornește a se varia ωt dela ωt_2 în plus (sau minus) găsindu-se valori φ_v în continuare ș.a.m.d.

Găsirea unei prime perechi de valori ωt și φ_v sau ceea ce este echivalent *a unei prime constante* C, se face considerând ca o condiție inițială pentru curba φ_v, ca aceasta să intercepteze axa timpului la un interval egal cu $\frac{\pi}{\omega}$. Se pornește dela o valoare arbitrară de obicei considerând că la $\omega t=0$; $C=0$. După trasarea curbei φ_v, rezultate, se poate cu ușurință corecta această valoare inițială. Până la 6000 gauși se poate considera că pentru orice fel de tole, caracteristica de magnetizare este o linie dreaptă trecând prin origine, dacă se neglijează fenomenul isterezis. In intervalul $-6000 \ldots +6000$ gauși se poate considera $\varphi_{ov}=0$, iar φ_v merge paralel cu curba

$$\varphi_v=M\Phi_u\sin(\omega t+\beta)$$

care este foarte ușor de determinat, M și β fiind valorile corespunzătoare pentru intervalul în linie dreaptă al caracteristicei.

Valoarea ωt, unde curba φ_v taie axa absciselor se mai poate determina într'o primă aproximație și din construcția grafică preconizată mai înainte și redată în fig. 6 și 7. Această valoare este (fig. 7)

$$\omega t=\psi_v$$

care s'a găsit în ipoteza că φ_v este sinusodial și care deci trebue corectată după o primă construcție grafică a curbei φ_v așa cum s'a menționat mai sus.

In trasarea curbei φ_v, trebue avut grijă ca eroarea să fie când în plus, când în minus, deoarece la o examinare mai îndeaproape se va constata

că o eroare inițială tinde încet spre majorare pe ramura urcătoare a lui φ_v și spre diminuare, pe ramura coborîtoare a lui φ_v. Rezultate foarte exacte se pot obține dacă se trasează simultan două curbe φ_v', una păstrând eroarea mereu în plus, iar alta cu eroarea mereu în minus. Curba reală se găsește între aceste două.

In fig. 11 s'a făcut trasarea grafică a curbei φ_v pentru cazul practic al miezului de transformator menționat mai înainte. Pentru ușurință s'a folosit sistemul de unități CGS. Rezistența totală a fazei W, inclusiv a circuitelor exterioare a fost luată $r = 1\ \Omega = 10^9$ CGS, adică destul de aproape de scurtcircuit. S'au mai determinat direct următoarele valori: $k = 1{,}75 \cdot 10^5$ (excluzând fenomenul isterezis) precum și

$$\frac{kn^2}{r} + \frac{L}{r} = 0{,}32;$$

$$\frac{kn^2}{r} + \frac{L}{r} + \frac{L}{r} \cdot \frac{k}{h} = 0{,}32 + 0{,}000223 \frac{k}{h}.$$

S'a mers cu o tensiune $U = 550$ V $= ct$, corespunzând unei inducții maxime în coloana U de 17 500 gauși (s'au scăzut 50 V căderea inductivă). In loc de fluxuri s'au considerat inducțiile proporționale. In fig. 10 s'au trecut: curba $b = f(H)$ (curba de magnetizare)[1]) în abscise trecându-se valorile H în CGS $\frac{1}{10}$ H în As/cm, curba $\frac{dH}{db}$ și b_0 funcție de b, deduse din prima curbă. S'a considerat H constant dacă b_v variază cu 1000 gauși. In aceste condiții, dacă de exemplu b_v se află în intervalul dela 12—13000 gauși s'a dedus pe baza datelor transformatorului și pe baza curbelor din fig. 10 valoarea coeficientului h:

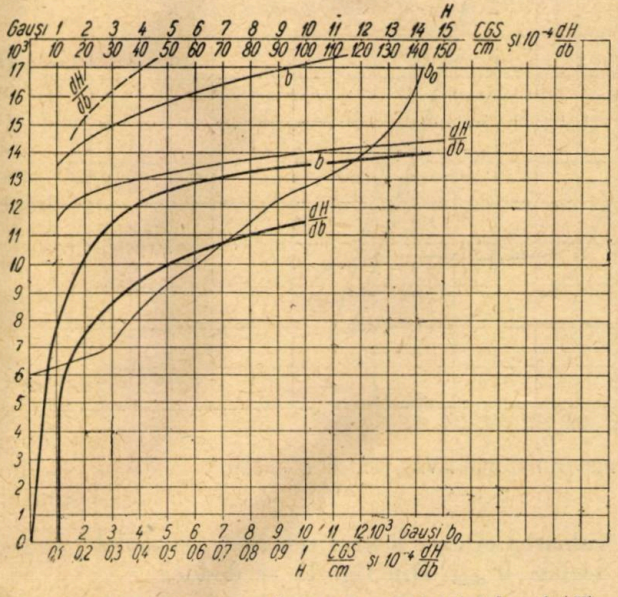


Fig. 10. Curba de magnetizare a materialului $b = f(H)$ și curbele deduse din ea: $\frac{dh}{db}$ și b_0. Pentru curbele groase se folosește scara de jos.

$$h = \frac{257}{84\,\frac{dH}{db}} = \frac{257}{84 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-4}} = 0{,}9 \cdot 10^4 \text{ CGS}$$

$$b_{0v} = 10\,800 \text{ gauși.}$$

(Evident, b_{0v} reprezintă la altă scară și fluxul φ_{0v}).

Cu aceste valori s'au calculat după formulele (30), (31), (32), (33), coeficienții β, ρ, M, q, găsindu-se $\beta = 9^0 40'$; $\rho = 0{,}18$; $M = 0{,}875$; $q = 0{,}95$. Ecuația curbei b_v în această perioadă de timp este deci

$$b_v = Ce^{-0{,}18\,\omega t} + 15\,300 \sin(\omega t + 9^0 40') + 10\,300 \qquad (36)$$

In intervalul anterior $b_v = 11\,000 \cdots 12\,000$ s'a dedus $\omega t_1 = 38^0$.

Punând $\omega t_1 = 38^0$ și $b_v = 12\,000$ gauși în ecuația (36), se deduce $C = -10\,800$, așa că pentru intervalul: $b_v = 12\,000 \cdots 13\,000$ gauși, ecuația (36) devine în definitiv

$$b_v = -10\,800\, e^{-0{,}18\,\omega t} + 15\,300 \sin(\omega t + 9^0 40') + 10\,300 \qquad (37)$$

de unde rezultă că la $b_v = 13\,000$ gauși,

$$\omega t_2 = 38^0 + 5^0 = 43^0 \text{ ș.a.m.d.}$$

In fig. 11 s'a redat în b_v' și b_v'' (trasat subțire) două încercări de trasare ale curbei b_v, care au trebuit să fie abandonate, deoarece au interceptat axa absciselor, una la un interval de 174^0 (b_v'), iar alta b_v'' la un interval de 200^0. Intre ele s'a putut plasa cu exactitate curba b_v reală (trasată mai gros). Curba $\varphi_u = \Phi_u \sin \omega t = 17\,500 \sin \omega t$ a fost deasemenea trasată (în realitate în loc de φ_u s'au trecut inducțiile). Odată aceste două curbe fixate, s'au putut trasa imediat curbele

$$\varphi_w = \varphi_u - \varphi_v$$

$$\omega \frac{d\varphi_w}{d\,\omega t} = w.$$

Pentru r destul de mic, așa cum s'a arătat în exemplul de mai sus, se poate întreprinde calculul curentului i_w cu destulă exactitate, din relația (5) neglijând pe θ_w. In acest caz, se obține:

$$i_w = -\frac{\theta_v}{n}. \qquad (38)$$

In fig. 11 s'a trasat și curba $-i_w$, precum și ramura urcătoare a curbei $i_u = \frac{\theta_v + \theta_u}{n}$.

Forma curbei φ_v (sau a inducției b_v) este o sinusoidă trunchiată și anume cu atât mai trunchiată cu cât saturația este mai mare. In regiunea nesaturată, curba φ_v, pentru un r mic, adică aproape de scurtcircuit, se confundă cu φ_u, deoarece $M \approx 1$, iar pentru valori mai mari ale rezistenței r, curba φ_v se confundă cu sinusoida:

$$\varphi_v = \Phi_u \cdot M \sin(\omega t + \beta). \qquad (39)$$

[1]) Lucrarea citată mai sus, pag. 250—251 (Bulgacov).

Pentru $r = \infty$, adică la mersul în gol, se obține :

$$\varphi_v = \Phi_u \frac{1}{1 + \frac{k}{h}} \sin \omega t. \qquad (40)$$

Expresia (40) este valabilă la saturații mici : 8000 — max. 10 000 gauși. La saturații mai mari, expresia (40) devine :

$$\varphi_v = \Phi_u \frac{1}{1 + \frac{k}{h}} \sin \omega t + \frac{\frac{k}{h}}{1 + \frac{k}{h}} \varphi_{0v}. \qquad (41)$$

din curba φ_v, s'a trasat în fig. 11 *b* ; valoarea eficace a acestei curbe este sensibil aceeași ca și când curba ar fi o sinusoidă. Curba deformată a fluxului cu o armonică de ordinul 3 destul de pronunțată, explică în parte pierderile mărite în șunturile magnetice la transformatorii de sudură, în sarcină. Mult mai deformată apare curba de tensiune W, care are aspectul unei umflături pe o porțiune limitată a abscisei. Rezultatul este bineînțeles surprinzător. Valoarea eficace a tensiunii W este aproape de două ori mai mică decât

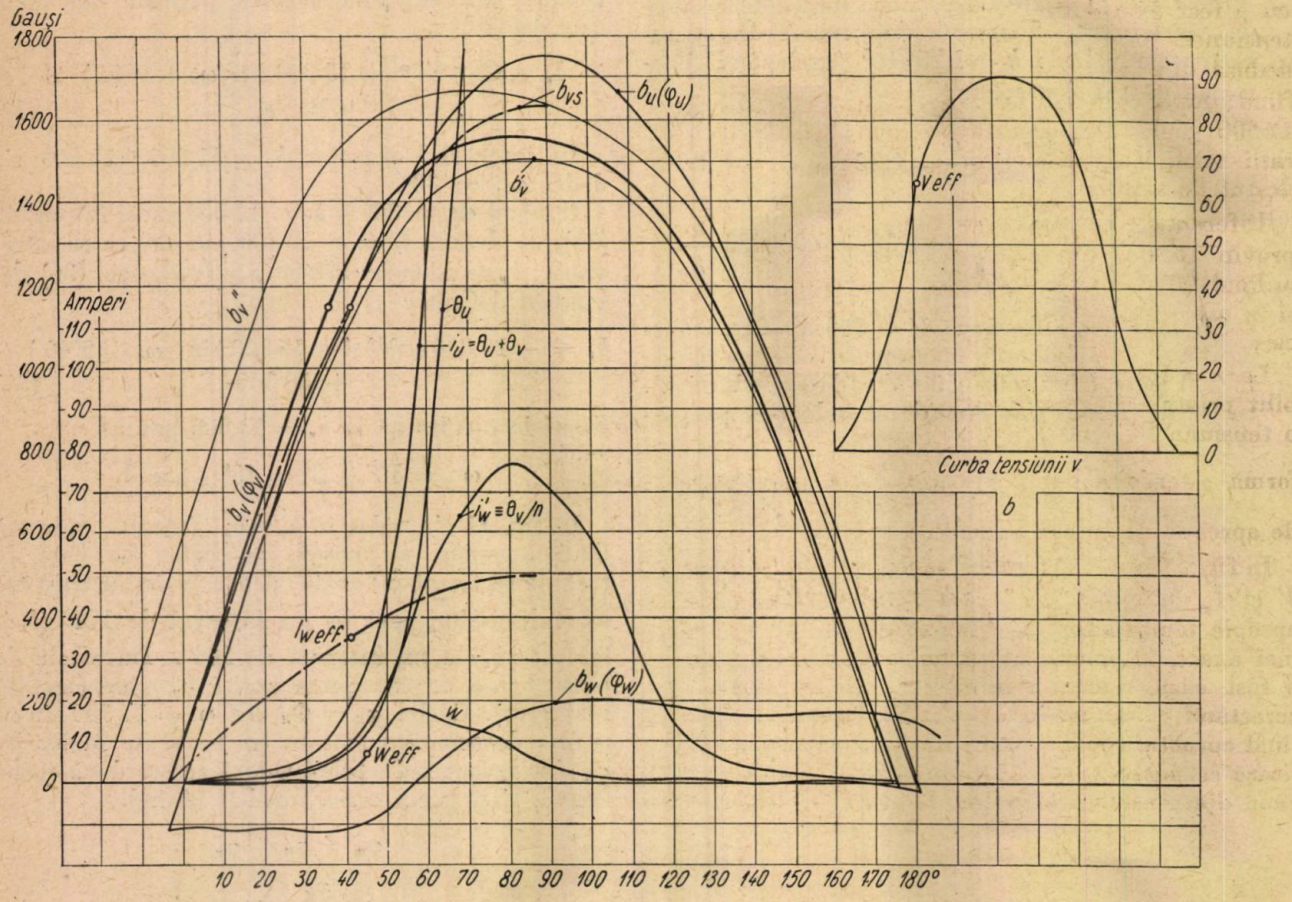


Fig. 11. Curbele φ_v, φ_w, i_u, i_w, w la transformatorul de 400 kVA, pentru $U = 550$ V.

Ecuația (41) ne permite a trasa în alt mod curbele φ_v și φ_w la mersul în gol, lucru care s'a examinat în acest articol mai înainte. Deoarece curba φ_v derivă din trunchierea din ce în ce mai accentuată a curbei φ_u, valoarea eficace a fluxului φ_v este mai mare ca $\frac{1}{\sqrt{2}} \Phi_{v\,max}$. In fig. 11 s'a trasat punctat și sinusoida având aceeași valoare eficace $\Phi_{v\,eff}$ ($B_{v\,eff}$).

$B_{v\,max}$ a ieșit din calculul grafic preconizat, 15 600 gauși, iar valoarea eficace 11 500 gauși în loc de 11 000 gauși cât ar corespunde unei sinusoide cu amplitudine de 15 600 gauși, adică cu 5% mai puțin.

Tensiunea $v = -n\omega \frac{d\varphi_v}{d\omega t}$, așa cum a rezultat valoarea eficace a unei tensiuni sinusoidale, având același W_{max}. Din fig. 11 se deduce

$$W_{eff} = \frac{W_{max}}{2{,}7} = \frac{1}{1{,}9} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} W_{max}.$$

Tot din această pricină, curba i_w se prezintă ca o curbă obișnuită de magnetizare, însă mult mai puțin ascuțită. Valoarea eficace a lui i_w este deci și aci mai mare decât valoarea care ar rezulta după sistemul de calcul obișnuit pe baza puterii de magnetizare. In fig. 11 s'a trasat punctat sinusoida i_w având aceeași valoare eficace. Valoarea I_{weff} găsită prin procedeul de mai sus a fost 35 A. La platformă, s'a găsit valoarea 31 A, adică destul de aproape de cifra calculată.

Valoarea eficace a curentului i_w este $= \frac{i_{w\,max}}{2{,}2}$.

Pentru un i_{weff} dat, tensiunea eficace W este mai mică de $\frac{2,7}{2,2} = 1,22$ ori, decât dacă i_w şi w ar fi sinusoidale. Coeficientul 1,22 creşte cu saturaţia φ_v, ceeace înseamnă că, spre scurtcircuit, W scade mai mult decât s'a calculat prin metoda vectorială din fig. 6. Deasemenea, la o tensiune V dată, va corespunde un W mai mic. Caracteristica de sarcină, adică $W = f(I_w)$ este mai căzătoare decât ar rezulta din diagrama vectorială (fig. 6—7). Acest lucru s'a constatat şi la încercările dela platformă unde s'au trasat diagramele din fig. 8, când saturaţia în transformator nici nu a fost exagerată (14 000 gauşi). Faţă de V_{eff} tensiunea W_{eff} este mult mai mică decât cea dedusă din diagrama vectorială (fig. 6), raportul fiind după cum s'a arătat 1,9 la saturaţia de 17 500 gauşi. Din această pricină, chiar la saturaţii mici, acest coeficient se manifestă în mod destul de simţit.

Diferenţele constatate în diagrama din fig. 8 provin tocmai din această cauză; ele sunt de ordinul 20%. Coeficientul de 1,9 a fost verificat şi în măsurătorile efectuate la platforma de încercare.

La $r = 1\Omega$ şi 17 500 gauşi în coloana U s'a stabilit printr'o diagramă analoagă celei din (fig. 8) o tensiune $W = 60$ V, în timp ce s'a citit la platformă o tensiune de 31 V, adică $\frac{60}{31} = 1,83$ destul de aproape de valoarea stabilită grafic.

In fig. 12 *a* şi *b* s'au redat oscilogramele curbelor V şi I_w luate la platformă. Forma curbelor se apropie mulţumitor de calculul grafic. Un calcul mai exact, în special la saturaţie mai mare, cum a fost cazul exemplului ales, ar trebui refăcut, corectând curba φ_u cu căderea inductivă $L_u \cdot i_u$, i_u fiind curentul redat şi el în fig. 11. Pentru simplificare se poate reţine aprecierea făcută anticipat, când din tensiunea la borne de 540 V s'au scăzut 50 V pentru această cădere inductivă. Fig. 11 ne arată că ar fi necesară o corecţie de tensiune mai mare.

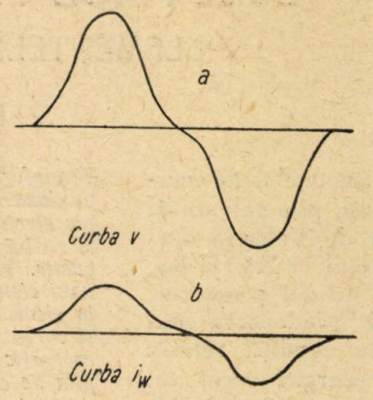


Fig. 12. Oscilogramele curbelor v şi w în sarcină, la transformatorul de 400 kVA.

Curentul I_w, de 31 A — valoarea indicată de ampermetru — în loc de 35 A cât a rezultat din calcul, confirmă acest lucru. Ne putem însă mulţumi şi cu acest prim rezultat, având în vedere dificultăţile destul de mari ale calculului, în special ale aceluia de integrare. Căderea extrem de rapidă a tensiunii W în cazul unei sarcini pe coloana W, cu atât mai rapidă cu cât aceasta nu este sinusoidală, avantajează foarte mult metoda încercării scurtcircuitului între spire, preconizată de ing. A. S. Legler.

Studiul prezent, care a fost destul de limitat având în primul rând ca scop extinderea şi studierea cantitativă a metodei de încercare a ing. A. S. Legler, poate fi folosit şi la studierea funcţionării transformatorilor de sudură, care nu sunt maşini cu funcţionare nesimetrică. In acelaşi sens, acest studiu poate servi ca bază la studierea unei serii întregi de fenomene care intervin curent chiar la funcţionarea simetrică a maşinilor electrice şi transformatorilor.

★

НЕСИММЕТРИЧЕСКАЯ РАБОТА МНОГОФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОФ

Резюме

Как продолжение статьи Инж. А. С. Леглера, появившаяся в „Промышленной Энергетике“ № 4-1951, которая рассматривает новый метод контроля обмоток трансформатора, в настоящей статье автор исследует, количественно, работу в холсотую и с нагрузкой трифазного трансформатора питаемого только по одной колонне, Исследование разрешает некоторое определенное положение из группы феноменов являющихся как результат несимметрической работы трансформаторов или же электромашин. Использованный способ может быть применен к целому ряду подобных феноменов, которые происходят даже при симметрической работе электромашин.

Настоящее исследование может быть примененно к трансформаторам для сварки. Автор рассматривает сначала работу в холостую, а затем и с нагрузкой. Феномены при нагрузке сильно искажены, в особенности на крайней колонне. По этой причине, характеристика при нагрузке является более ослабленной чем в случае синусоидального феномена.

Автор приводит уравнения работы в холостую и с нагрузкой, а также их графическое решение, имея затем возможность легко применить гармонический анализ.

★

PROBLEMA PRODUCERII PE SCARĂ MARE A ENERGIEI ELECTRICE PE CALE ELECTROCHIMICĂ

ELEMENTELE GALVANICE DE COMBUSTIE

Conf. Ing. L. FIHMAN

Transformarea directă a energiei chimice produsă de arderea combustibililor în energie electrică este teoretic posibilă. Ea poate fi realizată în elemente galvanice de combustie. Autorul descrie schema generală a unui element galvanic și aplicarea schemei la elementele de combustie hidrogen-oxigen și carbon-oxigen. Este studiat randamentul energetic al sistemelor electrochimice, formând pila de combustie și se arată că acest randament este foarte mare. Sunt redate rezultatele cercetărilor ce se fac la Institutul de Energetică al Academiei de Științe U. R. S. S.

In istoria surselor de energie electrică, pila galvanică, construită de Volta la sfârșitul secolului al XVIII-lea, reprezintă primul generator, permițând producerea continuă și în condiții relativ simple a energiei electrice. In cursul secolului al XIX-lea, construcția și însuși principiul de funcționare a pilelor galvanice au fost mult desvoltate, având aplicații industriale din cele mai variate. Dar apariția generatorilor electromecanici de curent continuu și curent alternativ, antrenați de mașinile termice și hidraulice, a făcut ca pilele să treacă pe un plan secundar. Avantagiile principale ale dinamului și alternatorului constau în prețul de cost mult mai mic al energiei produse, în spațiul mult mai mic necesar pe unitate de putere instalată și în condițiile de exploatare mult mai ușoare.

Incercările de a se aduce elementele galvanice la nivelul tehnico-economic al generatorilor electromecanici, cu toate realizările însemnate ce au fost obținute de diverși cercetători, nu au putut ajunge rapida desvoltare a mașinilor electromecanice. In prezent, sursele electrochimice, pilele și acumulatorii, nu mai sunt de loc întrebuințate ca generatori industriali de energie, chiar și rolul important jucat de acumulatori de plumb, în primele 2—3 decenii ale acestui secol, ca baterii tampon în instalații de curent continuu, și-a pierdut aproape complet însemnătatea.

Aceasta fiind situația de azi, se pune întrebarea : înlăturarea surselor electrochimice ca surse pentru producerea energiei electrice pe scară mare, trebue considerată definitivă sau înlăturarea lor dintr'un domeniu atât de important nu se datorează decât mijloacelor insuficiente de care dispunem azi ? Cu toate că astăzi răspunsul afirmativ aparține primei alternative, cercetările de laborator se apropie din ce în ce mai mult de soluționarea problemei în sensul care confirmă alternativa a doua. Prezentarea rezultatului acestor cercetări constitue obiectul acestui articol.

Ideea de bază a cercetărilor o formează posibilitatea de a întrebuința mai rațional în instalații electrochimice moderne decât în uzinele termoelectrice, energia produsă de reacția de ardere adică de combinarea carbonului (și hidrogenului) din combustibili cu oxigenul din aer.

Intr'adevăr, pe când randamentul energetic la primele poate atinge (teoretic) valori apropiate de 100%, la ultimele el nu trece de 20—25%. Randamentul atât de mare al surselor electrochimice este datorit posibilității de transformare directă a energiei termochimice a combustibililor în energie electrică, fără a fi nevoie de a trece prin transformări multiple, cu randamentele lor respective, ce au loc în instalații de turbine de abur, mașini de combustie internă sau turbine de gaze, care antrenează generatori electrici rotativi.

Transformarea directă a energiei reacției chimice în energia electrică este în principiu posibilă la orice reacție în care, între elementele ce se combină (sau se descompun), are loc un schimb de sarcini electrice (de electroni). Deplasarea acestor sarcini dela atomii unor elemente la atomii altor elemente reprezintă tocmai trecerea curentului electric. Aceste reacții aparțin reacțiilor numite heteropolare (ionice) și pot fi privite ca ciocnirea haotică a unui număr foarte mare de particule elementare ale substanțelor care intră în reacție și care se găsesc la potențiale electrice diferite, producându-se la aceste ciocniri — sau apropieri — schimbul de sarcini electrice. In cazul unei reacții chimice directe, acest schimb de sarcini este analog cu un proces de scurtcircuitări multiple, în care întreaga energie liberă de natură electrică trece în energie termică. Astfel se explică efectul termochimic al acestor reacții (sau mai bine zis lucrul maxim exterior). Pentru a exemplifica cele expuse, considerăm reacția zincului cu acid sulfuric, la care se formează sulfatul de zinc și se degajează hidrogen :

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 + 34{,}2\ (kcal) + w\ (erg) \quad (1)$$

și dacă scriem reacția sub forma ionică

$$Zn + 2H^+ + SO_4^{--} = Zn^{++}SO_4^{--} + 2H \quad (2)$$

observăm că reacția se poate scrie de fapt sub forma :

$$Zn + 2H^+ = Zn^{++} + 2H \quad (3)$$

adică câte doi electroni din învelișul electronic al atomului de zinc trec la învelișurile a doi atomi de hidrogen

$$Zn - 2e = Zn^{++} \quad (4)$$

$$\downarrow$$

$$2H^+ + 2e = 2H = H_2 \quad (5)$$

Săgeata arată trecerea electronilor dela un element al substanței care ia parte la reacție, la

celălalt element. Deplasarea electronilor se face în scurtcircuit între particule elementare de zinc și hidrogen și produce 34,2 kcal/mol (fig. 1) pe lângă aceasta este produs și un lucru mecanic W, datorită trecerii hidrogenului gazos în atmosferă. In exemplul de mai sus, dacă s'ar putea evita eliberarea energiei electrice a reacției sub forma calorică și dacă am putea aduna sarcinile electrice, dirijându-le pe anumite căi alese de noi, am reuși să formăm un generator de energie electrică. Acest lucru însă este realizat de mult în orice sursă electrochimică, pilă sau acumulator. Principiul constă în a distanța moleculele heteropolare pentru a nu se mai scurtcircuita între ele, reacția care provoacă schimbul de electroni având totuși loc, însă în condițiile unei dirijări a deplasării electronilor pe anumite căi și cu o anumită viteză, necesară unei bune funcționări a sistemului creat.

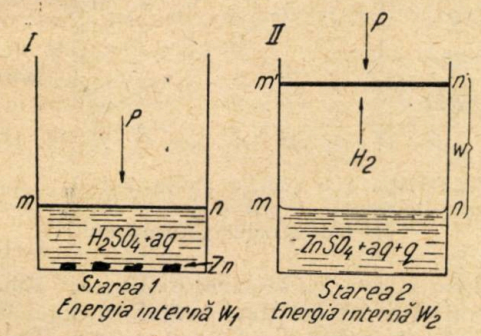


Fig. 1. Variația energiei sistemului $Zn—H_2SO_4$ rezultând din decurgerea unui proces chimic.

Realizarea elementului galvanic bazat pe reacția exemplificată mai sus, ia forma următorului sistem electrochimic (fig. 2): un electrod metalic ionizabil din zinc (anod-electrod negativ) $Zn—2e \rightarrow Zn^{++}$; electrolitul format din soluție apoasă de acid sulfuric ($2H^+ + SO_4^{--}$) și un electrod pozitiv (catodul), constituit dintr'un conductor care

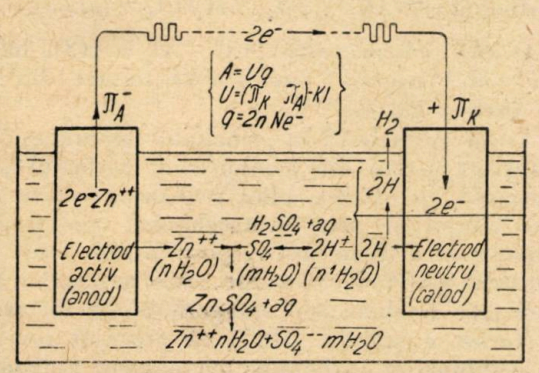


Fig. 2. Captarea directă a energiei electrice, produsă de reacția chimică într'un element galvanic:
e — electronul (sarcina electronului); k — rezistența interioară aparentă; n — numărul de echivalenți (mol) grame; N — numărul lui Avogadro.

canalizează curenții elementari produși în jurul lui de reacția de descărcare a ionilor de hidrogen, prin electronii eliberați la electrodul de zinc și sosiți prin circuitul exterior:

$$2H^+ + 2e \rightarrow 2H \rightarrow H_2 \qquad (6)$$

Se cunoaște că fenomenele legate de ionizarea electrodului activ în contact cu electrolitul corespunzător dau naștere unui salt de potențial (de electrod), a cărui mărime depinde de o valoare constantă pentru substanța dată, π^0 (potențial normal) și de concentrația ionilor formați în soluție, conform unei legi de variație logaritmică.

Pentru anod (electrodul de zinc) avem:

$$\pi_A = \pi^0_{Zn++} + \frac{RT}{ZF} \ln C_{Zn++} \qquad (7)$$

în care R — este constanta gazelor ideale exprimată în joule/mol = 8,31; F — constanta lui Faraday (94496 coulombi); T — temperatura în °K; Z — sarcina valențială a elementului; C^+_{Zn++} — concentrația ionilor formați în soluție (gram-ioni/litru).

Pentru catod, (electrodul gazos format prin descărcarea ionilor de hidrogen) expresia va fi următoarea:

$$\pi_K = \pi^0_{H+} + \frac{RT}{ZF} \ln \frac{C^+_H}{P_{H_2}} \cdot \qquad (8)$$

Forța electromotoare produsă de acest lanț galvanic va fi egală cu:

$$E = \pi_K - \pi_A. \qquad (9)$$

Observăm că în acest sistem, cu toate că zincul este în contact direct cu acid sulfuric, prin ionizarea electrodului negativ și prin legarea acestuia cu electrodul pozitiv, cu ajutorul unui conductor exterior, trecerea electronilor dela zinc metalic la ioni de hidrogen, ca în cazul reacției chimice directe arătate mai sus, nu mai este posibilă, calea lor dela potențialul π_K la potențialul π_A fiind cea prin firul metalic exterior; dacă în circuitul exterior există un receptor, electronii în drumul lor execută un lucru electric.

Revenind la reacția de ardere a combustibililor întrebuințați în instalațiile termoelectrice, care constau, cum am spus, din combinarea carbonului sau a hidrogenului din hidrocarburi cu oxigenul din aer, este clar că, dacă această reacție este și ea o reacție heteropolară (ionică) de genul celei între zinc și acid sulfuric, producerea energiei electrice prin eliberarea ei directă este posibilă, fără a trece prin forma energiei calorice. Ar fi deci posibilă realizarea unor elemente galvanice, bazate pe reacțiile oxigen-carbon, sau oxigen-hidrogen, prin așa numitele elemente galvanice de combustie.

Prin comparație cu cele de mai sus, se poate deduce că pentru a realiza un element galvanic de combustie, trebue ca: *a*) reacția între carbon sau hidrogen cu oxigen să fie o reacție heteropolară, în care electronii din învelișurile atomilor acestor elemente trec dela un înveliș electronic la celălalt și *b*) ca această trecere să nu fie directă (în scurtcircuit), ci să poată fi dirijată pe anumite căi.

Niciuna din aceste condiții nu este ușor de realizat; astfel se explică întârzierea apariției acestor elemente galvanice de mare importanță, cu toate că principiul lor a fost întrevăzut, cu mulți ani înainte de prima realizare de laborator, de către

talentatul inventator rus P. N. Iablocicov (1847—1894).

Principial, funcționarea schematică a unui element galvanic, arătată mai sus, poate fi aplicată și la următoarea schemă a unui element de combustie : doi electrozi formați din tuburi ceramice poroase, umplute cu materiale de mare suprafață activă, care permite o adsorbție mare a gazelor, au în mijloc un conductor metalic pentru colectarea curentului. Tuburile sunt cufundate într'o soluție apoasă de electrolit. Prin unul din aceste tuburi se trimite un curent de hidrogen, care se adsoarbe pe suprafața desvoltată a substanțelor din interiorul tubului. Hidrogenul în contact cu electrolitul se ionizează conform reacției de mai sus :

$$H_2 = 2H = 2H - 2e = 2H^+ \qquad (10)$$

Apare deci un potențial de electrod, având valoarea arătată la ecuația (8), electrodul de hidrogen jucând rolul de anod.

Prin celălalt tub (catod) se trimite un curent de oxigen. Oxigenul în contact cu apa și pe măsura polarizării sale (de ordinul fracțiunilor mici de secundă) prin electronii sosiți dela anod, formează ioni hidroxili, conform reacției :

$$O_2 + H_2O = 2OH + 2e = 2OH^- \qquad (11)$$

Potențialul acestei reacții, în cazul sistemului hidrogen-oxigen este :

$$\pi_K = \pi_{O_2} = \pi^0_{O_2} - \frac{RT}{ZF} \ln \frac{P_{O_2}}{P_{H^+}} \qquad (12)$$

în care P_{O_2} reprezintă presiunea oxigenului gazos în zona electrodului inert (format din tubul ceramic cu masa de mare suprafață îmbibată cu electrolit și conductor colector de curent). Reacția totală de combinare electrolitică a hidrogenului cu oxigen este :

$$2H^+ + 2OH^- = 2H_2O + 136{,}6 \text{ kcal.} \qquad (13)$$

F. e. m. produsă de cele două procese acuplate este :

$$E = \pi_K - \pi_A = \pi^0_{O_2} - \pi^0_{H_2} + \frac{RT}{ZF} \ln C_{H^+} + \frac{RT}{4F}$$

$$\ln P_{O_2} = 1{,}229 + \frac{RT}{ZF} \ln C_{H^+} + \frac{RT}{4F} \ln P_{O_2}. \qquad (14)$$

Ea depinde deci, de concentrația ionilor de hidrogen și de presiunea oxigenului în jurul electrodului. Diagrama din fig. 3 arată diferitele valori ale lui π_{H_2} și π_{O_2} în funcție de presiunea celor două gaze și *pH* soluției. Valorile *r*O reprezintă indicii negativi pentru presiunea oxigenului, iar valorile *r*H corespund potențialului de hidrogen (sau oxigen) pentru apă, în cazul lipsei totale atât a hidrogenului cât și oxigenului disolvat (de ex. în cazul disociației termice).

Schema descrisă mai sus reprezintă un element de combustie hidrogen-oxigen, în care hidrogenul joacă rol de anod (pol negativ), iar oxigenul de catod (pol pozitiv).

Schema de mai sus nu este însă valabilă în cazul reacției electrolitice a carbonului cu oxigen, deoarece spre deosebire de hidrogen, carbonul nu se ionizează direct în niciun electrolit și nici nu este

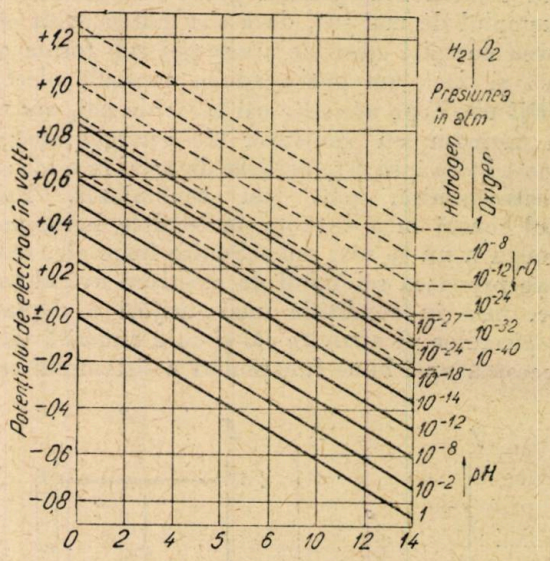


Fig. 3. Variația potențialelor electrozilor de hidrogen și oxigen, în funcție de *p*H și pentru diferite presiuni ale hidrogenului și oxigenului.

hidrolizat în apă, ca în cazul oxigenului. Construcția unui element galvanic având un anod de cărbune, un electrolit oarecare și catodul de oxigen, nu dă nicio reacție electrochimică și nicio f. e. m. Această dificultate a fost învinsă (cel puțin teoretic). Carbonul este combinat cu oxigenul, în cadrul unui proces electrochimic indirect, formându-se oxid sau bioxid de carbon. Acest proces ondirect este un proces de depolarizare, în care oxigenul în stare născândă se degajă la anod și sxidează carbonul, ca de exemplu în următorul istem electrochimic :

$$\text{Catod) } (Pt)^{(+)}\ O_2/H_2SO_4 \cdot nH_2O/C^{(-)} \text{ (anod).} \qquad (15)$$

O altă schemă este $2CO + O_2 = 2CO_2$ în care electrodul negativ (anod) este format din oxid de carbon gazos.

Astfel se vede că în principiu, combinarea substanțelor active din combustibil, carbonul și hidrogenul, cu oxigen, adică realizarea arderii combustibilului pe cale electrochimică este posibilă. Inainte de a trece însă la posibilitățile reale de a construi astfel de elemente, este necesar a arăta care este randamentul energetic al acestor reacții.

Nernst a stabilit (1893) că procesul reversibil al combinației carbonului cu oxigen, realizat pe cale electrochimică la temperatura normală, produce o f. e. m. de 1,02 V, transformarea energetică făcându-se cu un randament teoretic de 99,75%. Calculele au fost repetate de atunci de diverși cercetători. Printre cercetările recente prezintă un deosebit interes, lucrările colaboratorului Institutului Energetic al Academiei de Științe din U.R.S.S., O.K. Davtian, care a făcut un șir de calcule termochimice asupra diferitelor sisteme de elemente galvanice de combustie, ale cărui rezultate sunt reproduse în tabela 1.

Tabela 1

Sistemul electrochimic	Reacţia generatoare de curent	t Temperatura °C	P Presiunea atm	Q Efectul termic al reacţiei kcal	A Lucrul maxim al reacţiei kcal	η Randamentul $\eta = \frac{A}{Q} 100$	E F.e.m. V
Hidrogen-oxigen	$2H_2+O_2=2H_2O$	25	1	136,6	113,2	82,8	1,227
Oxid de carbon-oxigen	$2CO+O_2=2CO_2$	25	1	136,2	125,25	90,5	1,336
Carbon-oxigen *I* (până la oxidare în CO_2)	$C+O_2=CO_2$	25	1	94,25	94,01	99,75	1,02
Carbon-oxigen *II* (până la oxidare în CO)	$2C+O_2=2CO$	25	1	52,3	64,8	123,8	0,702
	Idem	727	—	52,4	94,5	180	1,025
	Idem	2727	—	57,4	175,2	305	1,9

Din această tabelă se poate vedea că sistemele hidrogen-oxigen şi oxid de carbon-oxigen produc — prin reacţiile electrochimice — o f. e. m. de 1,2—1,35 V şi au un randament de transformare foarte înalt de 82% respectiv 90,5%. Elementul carbon-oxigen *I* prezintă un interes foarte mare prin randamentul apropiat de 100% (calculul coincide cu Nernst), f. e. m. a unui element este însă mai mică (circa 1 V). Elementul carbon-oxigen *II* prezintă o particularitate importantă : lucrul util al reacţiei întrece cu mult efectul termic, mai ales la temperaturi înalte, elementul în timpul lucrului împrumutând căldura din mediul ambiant. La temperaturi înalte acest element produce o f. e. m. mare de 1,9 V.

Aşa dar, prin calculele teoretice se arată că energia pusă în joc prin interacţiunea substanţelor active într'un element de combustie se poate capta sub forma energiei electrice cu un randament mult mai mare decât în cazul utilizării maşinilor electromecanice antrenate de maşini termice.

Nerealizarea practică până în prezent a posibilităţilor teoretice, după cum s'a arătat mai sus, poate fi atribuită, mai ales, negăsirii mijloacelor materiale de realizare. Ar trebui însă să adăugăm la această cauză, desigur foarte serioasă, şi o alta, care constă în nefolosirea suficientă a metodelor ştiinţifice în calcularea şi proiectarea unor astfel de elemente. Această a doua cauză este însă astăzi pe cale de a fi eliminată. Lucrările duse în Institutele Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S., au la bază mijloace de investigaţie ştiinţifică foarte puternice. Astfel se explică şi rezultatele pozitive care încep a fi întrevăzute.

La noi în ţară problema începe să fie studiată în cadrul Institutelor noastre de cercetări ştiinţifice.

„Problema captării directe a energiei electrice desvoltate în reacţiile chimice de combustie, ia astfel nu numai un aspect de producere pe o cale sau alta a energiei electrice, ci şi de folosire mai raţională a combustibililor" (Davtian).

Bibliografie:

1. *Davtian O. K.* Problema transformării directe a energiei chimice a combustibililor în energie electrică. Ed. Academiei de Ştiinţe U.R.S.S. Moscova, 1947.

2. *Homiacov V. G.* ş. a. : Tehnologia produselor electrochimice. Goshimisdat, 1949.

3. *V. G. Socevanov* : Elementele Galvanice. Gosenergoisdat, 1951.

★

ВОПРОС О ШИРОКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ПУТЕМ : ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Резюме

Прямое преобразование химической энергии получаемой при сгорании горючего в электроэнергии теоретически возможно. Оно может быть осуществленно в гальванических топливных элементах. Автор описывает общую схему гальванического элемента и применение схемы на топливных элементах водород - кислород и углерод - кислород. Также исследуется энергетический коэффициент полезного действия электрохимических систем составляющих топливный элемент и указывается что он очень большой. Даются результаты исследований привзводимых в Энергетическом институте Академии Наук С.С.С.Р.

★

TELEFONIA LA MARE DISTANȚĂ

Prof. Ing. SERGIU CONDREA

Se definesc care sunt obstacolele ce limitează extinderea comunicațiilor telefonice la mare distanță și se arată care sunt mijloacele de înlăturare a lor. Se stabilesc condițiile de amplificare a repetorilor telefonici și se arată cum se pot corecta distorsiunile liniei și imperfecțiunile pieselor componente ale repetorilor.

Tehnica telefoniei are două aspecte bine definite : telefonia în rețele locale și telefonia la mare distanță. Sistemele de comunicații locale sau urbane comportă în special probleme de comutație în centrale și de construcția rețelelor de cable, iar sistemele de comunicații la mare distanță, interurbane, probleme de eficacitatea transmisiilor și de utilizarea intensivă a circuitelor.

Intr'o rețea interurbană — națională sau internațională, — se cere ca serviciul telefonic să fie egal accesibil pentru orice post telefonic și pentru orice legătură între posturi. Aceasta presupune că diferitele circuite ce se leagă în continuare pentru a forma un lanț de mare distanță, trebue să aibă o calitate de transmisie suficient de bună, încât însumarea defectelor inevitabile de pe fiecare porțiune să nu depășească o anumită limită acceptabilă. Asigurarea unei calități de transmisie superioare se obține cu ajutorul liniilor și echipamentelor special concepute pentru comunicații interurbane.

In țara noastră, telefonia la mare distanță s'a desvoltat în trecut pe arterele de trafic intens, dintre centrele mari comerciale. Astăzi, desvoltarea industrială rapidă a tuturor regiunilor țării impune noi artere de telecomunicații și asigurarea unui serviciu telefonic impecabil. Planul de electrificare prevede fabricarea în țară pe linie industrială, a cablelor și aparatajului necesar pentru desvoltarea telefoniei, iar pe linie de utilizare, extinderea rețelelor de distribuție, ceeace va ușura instalarea stațiilor telefonice, care necesită surse de alimentare electrică, în lungul liniilor de mare distanță.

Principalele obstacole ce urmează a fi învinse în telefonia de mare distanță sunt : *atenuarea* și *distorsiunile* transmisiei în lungul liniei. Atenuarea, adică slăbirea treptată a puterii transmise, este datorită pierderilor ohmice în conductori și pierderilor în dielectric.

Puterea trimisă de un microfon pe linie, într'o convorbire normală, are o valoare medie de 1 mW. Receptorul telefonic poate recepționa și urechea poate percepe fără efort, puteri de ordinul a 1 μW. Atenuarea totală a unei căi de convorbire va trebui deci să nu depășească acest raport, 1 mW/1 μW, adică în decibeli :

$$a = \leqslant 10 \log \frac{10^{-3}\text{W}}{10^{-6}\text{W}} = 30 \text{ dB sau } 3{,}45 \text{ neperi.}$$

Atenuarea unei linii aeriene, formată din fire goale, este aproximativ egală cu

$$\alpha = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} \text{ N/km,}$$

iar a unui circuit în cablu urban

$$\alpha = \sqrt{\frac{RC\,\omega}{2}} \text{ N/km.}$$

Aici R, G, C și L sunt constantele primare ale liniei, respectiv rezistența, perditanța, capacitanța și inductanța circuitului, raportate pe 1 km, iar ω este frecvența unghiulară a sunetului considerat. Circuitele în cablu au o atenuare mai mare decât a celor aeriene, din cauza rezistenței R și capacitanței C sporite. Astfel, pe când o linie aeriană formată din fire de cupru de 3 mm diametru, cu distanța între fire de 20 cm, are o atenuare de circa 0,04 dB/km, un circuit în cablu cu conductori de 0,9 mm și capacitate efectivă $C = 38{,}5$ nF/km, va avea, la aceeași frecvență unghiulară $\omega = 5000$ ($f = 796$ Hz) o atenuare de 0,66 dB/km. Față de limita menționată mai sus (30 dB), o convorbire prin cablu nu ar putea fi auzită acceptabil decât până la o distanță de circa 45 km.

Pentru a spori distanța de acțiune a curenților microfonici se întrebuințează două metode : *pupinizarea*, adică intercalarea de bobine de inductanță în serie cu circuitul, la intervale egale și *amplificarea*.

Pupinizarea, pe lângă reducerea atenuării, mai are și alte efecte, ca : egalizarea atenuării pe o anumită bandă de frecvențe și sporirea ei bruscă la frecvența limită a acestei benzi (frecvența de tăiere, f_0). In fig. 1 este arătată o curbă de atenuare

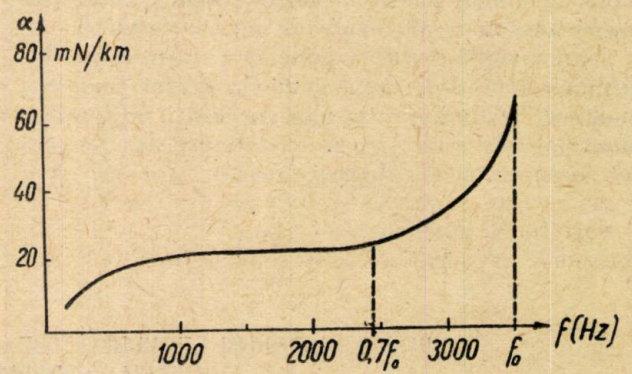


Fig. 1. Atenuarea kilometrică a unui cablu pupinizat cu inductanțe de 140 mH și pas de pupinizare $s = 1{,}7$ km.

- frecvență pentru un cablu pupinizat cu 140 mH la fiecare 1700 m.

Frecvența de tăiere f_0 este dată de relația simplă :

$$f_0 = \frac{1}{\pi\sqrt{L_p\, Cs}}$$

unde L_p este mărimea inductanței de pupinizare (în H), C este capacitatea circuitului (în F/km) și s este lungimea secțiunii sau pasului de pupinizare (în km). Se vede că banda de frecvențe

efectiv transmise (care se întinde până la circa 0,7 f_0) va fi cu atât mai largă, cu cât inductanța L_p și pasul s vor fi mai mici.

Dar, o reducere a pasului înseamnă o sporire de preț, iar o micșorare a inductanței, o sporire a atenuării. Intr'adevăr, atenuarea circuitelor pupinizate, în banda transmisă este dată de

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{\sqrt{1 - \frac{f^2}{f_0^2}}} \text{ N/km},$$

unde α_0 este atenuarea kilometrică a circuitului omogen corespunzător cu inductanța L_p uniform distribuită

$$\alpha_0 = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{Cs}{L_p}} + \frac{G}{2}\sqrt{\frac{L_p}{Cs}} \text{ N/km}.$$

Termenul întâi din membrul al doilea este preponderent, astfel că inductanța L_p acționează ca un reductor de atenuare.

Pentru distanțe de ordinul sutelor de kilometri, atenuarea totală devine prohibitivă și variația atenuării cu frecvența adică *distorsiunea de atenuare-frecvență*, crește deasemenea, împiedecând înțelegerea convorbirii.

REPETORII TELEFONICI

Pentru înlăturarea acestor inconveniente se folosesc amplificatori telefonici, instalați din loc în loc, în lungul liniei. Cum un circuit trebue să transmită convorbirea în ambele sensuri, iar amplificatorii cu tuburi electronice sunt cu sens unic (ireversibili), va trebui să avem în fiecare punct câte doi amplificatori, unul pentru fiecare sens de transmisie. Ansamblul acestor doi amplificatori, cu instalațiile anexe, formează un repetor telefonic de frecvență vocală sau pe scurt un *repetor vocal*.

Tehnica repetorilor vocali s'a desvoltat mult în ultimii ani, în special pentru circuitele în cablu, unde nevoia lor este mai imperioasă și funcționarea lor mai stabilă. Rolul lor după cum am văzut, este dublu : să compenseze atenuarea cablului și să corecteze curba de atenuare-frecvență.

Variația în lungul liniei a tensiunii sau a puterii transmise, este dată de *diagrama de nivel* (fig. 2).

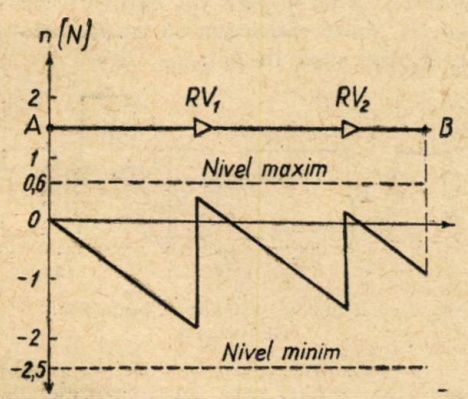


Fig. 2. Diagrama de nivel a unui circuit AB, cu doi amplificatori RV_1 și RV_2.

Aceasta arată valoarea în fiecare punct a nivelului de transmisie, măsurat în dB sau N, peste sau sub nivelul de referință, considerat 1 mW în putere, sau 0,775 V pe o sarcină de 600 ohmi, în tensiune.

Expresia nivelului de putere într'un punct dat va fi deci :

$$n = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{0{,}001},$$

P_1 fiind puterea în wați în acel punct, iar nivelul de tensiune

$$n_t = \ln \frac{U_1}{0{,}775}$$

ambele exprimate în neperi.

Când impedanța liniei este de 600 ohmi, nivelul de putere este egal cu nivelul de tensiune.

Rolul amplificatorilor este deci să ridice, din loc în loc, nivelul de transmisie, ce coboară linear prin propagarea în lungul liniei. Nivelul la origina circuitului, adică la jackul centralei interurbane de unde se vorbește, se consideră 1 mW, ceeace corespunde cu puterea medie a curenților emiși de microfon. Acesta este nivelul zero de referință.

Din cauza atenuării liniei, nivelul scade continuu spre valori negative, putând ajunge sub pragul de sensibilitate a receptorului sau urechei. Deaceea se intercalează repetorii, care reîmprospătează energia transmisă și o transmit mai departe. In general, un repetor vocal trebue să amplifice în așa fel, ca să compenseze atenuarea secțiunii de linie dinaintea lui, adică să ridice nivelul până aproape de nivelul inițial.

Distanța între repetorii succesivi este determinată pe de o parte de considerații economice, care ar impune distanțe mari, iar pe de altă parte de nivelul minim admisibil. Nivelul curenților de convorbire nu poate coborî prea jos, pentrucă ar putea ajunge în zona de sgomot a liniei. Nivelul de sgomot al unei linii de telecomunicații depinde în mare măsură de influența perturbătoare a liniilor de înaltă tensiune învecinate. Dar, chiar în absența perturbațiilor exterioare, linia are un sgomot confuz provocat de agitația termică în conductori. Nivelul de putere al acestui sgomot termic este în funcție de lățimea Δf a benzii de frecvențe transmise, de temperatura absolută T și are ca factor constanta $k = 1{,}380{,}10^{-16}$ erg/grad

$$n_z = \frac{1}{2} \ln \frac{10^{-3}}{4kT\ \Delta f}.$$

Pentru frecvențele vocale acest nivel este foarte scoborît, ajungând sub 15 N, așa că rămâne de luat în considerare numai sgomotul produs de perturbațiile din afară. Acesta se consideră supărător atunci când tensiunea lui „psofometrică" (tensiune ponderată după sensibilitatea urechei), la bornele liniei interurbane este mai mare de 2,5 mV, ceeace corespunde la un nivel echivalent de — 5,74 N.

Ținând seama de variațiile inevitabile de nivel, în decursul timpului, atât pentru transmisia semnalului util, cât și pentru sgomot, s'a stabilit o

valoare limită inferioară pentru nivelul transmis de — 2,5 N. Prin urmare, repetorii vocali pe două fire vor avea de amplificat curenți de un nivel minim de — 2,5 N față de 1 mW (circa 6 μW).

La ieșirea din repetor, nivelul este limitat în sus de alte considerente. In primul rând, un nivel prea ridicat riscă să producă „diafonie" (trecerea convorbirii) pe alte circuite vecine, neamplificate. Apoi, repetorul fiind construit pentru economie și simplitate cu o singură lampă triodă, aceasta riscă să se supraîncarce la o putere debitată prea mare. Tuburile electronice utilizate obișnuit în repetorii vocali pot furniza o putere nedistorsionată de maximum 50—60 mW.

Dacă presupunem că puterea la intrarea circuitului, care este esențialmente variabilă, poate ajunge la 6 mW pentru convorbiri cu vocea ridicată — ceeace este o bună medie experimentală — aceasta înseamnă că toate nivelele efective din lungul liniei vor crește cu circa 0,9 N (ln 6 mW/lmW). In acest caz nivelul minim de intrare în repetor devine — 2,5 + 0,9 = — 1,6 N.

S'a arătat mai sus că puterea maximă ce poate fi debitată de o triodă tehnică obișnuită este de 50—60 mW, ceeace corespunde la un nivel de circa 2 N peste zero. In acest caz, câștigul de amplificare posibil, între intrarea în repetor și ieșirea din triodă, va fi 2 — (— 1,6) = 3,6 N. Câștigul repetorului întreg, între cele două perechi de borne spre linie, va fi mai mic cu circa 0,5 N, atât cât este atenuarea transformatorului diferențial de ieșire, deci vom avea $c_{max} = 3{,}1$ N (27 dB). In cazul nivelului de vorbire normal (1 mW la origină), amplificarea repetorului poate urca dela — 2,5 N, nivelul minim de intrare, la + 0,6 N, nivelul maxim de ieșire, fixat pe considerente de diafonie, deci câștigul maxim posibil va fi tot 3,1 N. Pentru repetorii obișnuiți, pe două fire, această valoare nu poate fi niciodată atinsă, din cauza tendinței de amorsare la amplificări mari, așa încât câștigul maxim efectiv este de circa 2—2,2 N.

Amplificarea repetorului, odată stabilită pentru o linie dată și anumite condiții atmosferice, trebue să nu varieze cu alte mărimi, ca de pildă, fluctuațiile inevitabile ale tensiunilor de alimentare, sarcina liniei, emisiunea tuburilor electronice etc. Cum pe o linie de mare distanță avem mai mulți repetori înșirați la distanțe de 60—70 km, variațiile lor de amplificare s'ar putea aduna, ajungând la valori inadmisibile. Deaceea se impune ca limită de variație permisă pentru câștigul fiecărui repetor ± 0,03 N (0,26 dB).

Tuburile electronice întrebuințate în tehnica repetorilor nu sunt lămpi obișnuite de radiorecepție, ci lămpi speciale telefonice. Ele trebue să fie de o funcționare cât mai stabilă, pentru a nu introduce fluctuații de amplificare nepermise. Apoi, ele trebue să fie de o fabricație cât mai uniformă, astfel ca înlocuirea unei lămpi uzate prin alta nouă să nu schimbe cu nimic performanțele repetorului. Pe când tuburile obișnuite de radio au toleranțe în caracteristicile lor, până la 30%, tuburile tehnice pentru repetori au caracteristicile fundamentale (rezistența interioară, panta și coeficientul de amplificare) cu abateri de cel mult 10%. Deasemenea, tuburile tehnice au o durată de viață mult mai lungă, putând ajunge până la 20 000 ore de funcționare.

CORECTAREA DISTORSIUNII LINIEI

Pentru corectarea distorsiunii de amplitudine-frecvență a liniei, repetorii trebue să îndeplinească următoarele condiții : *a*) curba de câștig în funcție de frecvență trebue să coincidă cu forma curbei de atenuare-frecvență (fig. 1) a liniei, astfel ca suma lor să ne dea o dreaptă orizontală ; *b*) curba de câștig trebue să poată fi modificată cu ajutorul elementelor variabile, astfel ca să se adapteze la diferitele tipuri și lungimi de circuite ; *c*) ea trebue să rămână „paralelă" cu ea însăși, pentru diferite trepte de amplificare.

In fig. 3 sunt arătate, principial, curbele de câștig în funcție de frecvență a unui repetor cu corector, pentru trei trepte de amplificare.

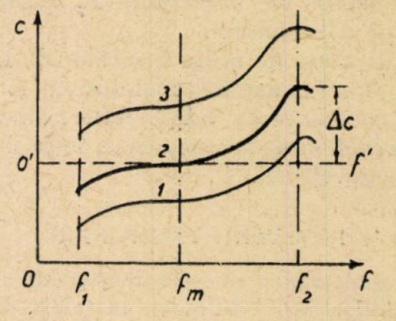


Fig. 3. Curbe de câștig-frecvență cu sporul de contra-distorsiune.

Prin introducerea acestor corecțiuni de atenuare nu trebue stricată însă adaptarea între impedanța liniei și impedanța de intrare a repetorului, care trebue să satisfacă relația :

$$\left|\frac{Z-W}{Z+W}\right| \leqslant 0{,}2,$$

unde Z este impedanța caracteristică a circuitului, iar W — impedanța de intrare a repetorului.

Corectarea curbei de atenuare-frecvență se obține, în general, prin intercalarea unui *corector* serie în circuitul de intrare al tubului amplificator, înainte de transformatorul de intrare (fig. 4). Având în vedere că impedanța de intrare în triodă (circuitul de grătar) este de câteva sute de mii de ohmi, se poate considera că transformatorul de intrare T_1 lucrează în gol.

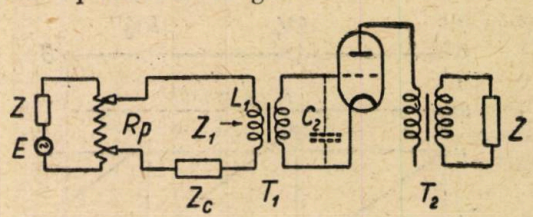


Fig. 4. Schema de principiu a amplificatorului cu corector.

Capacitatea repartizată între spirele secundarului, împreună cu capacitatea grătar-filament C_2 a lămpii, formează o capacitate C, în derivație pe

inductanța L a secundarului. Acest ansamblu are o frecvență de rezonanță $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$, pentru care tensiunea la borne este maximă și curentul practic nul. In acest caz, tensiunea la bornele primarului este independentă de impedanța Z_c a corectorului serie, depinzând numai de f. e. m. aplicată E_a.

Schema din fig. 4 poate fi înlocuită printr'o schemă echivalentă (fig. 5), unde R_p este rezistența spre potențiometru (adaptată la rezistența de intrare în repetor R_a), Z_c este impedanța corectorului și Z_1 impedanța de intrare în lampă. Forța electromotoare E_a aplicată la intrarea în repetor devine o f. e. m. echivalentă E, în serie cu R_p.

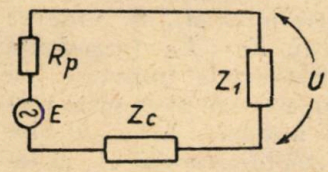


Fig. 5. Schema echivalentă a amplificatorului cu corector.

Insemnând cu U tensiunea la intrare în lampă, se constată că rolul corectorului Z_c este ca, împreună cu Z_1, să neutralizeze distorsiunea de atenuare a cablului, obținând o tensiune U nedistorsionată. Aceasta înseamnă că, pentru un E nedistorsionat, vom avea o contra-distorsiune (amplificare variabilă) pentru U. Așa dar curba de contra-distorsiune va fi dată de:

$$\left|\frac{U}{E}\right| = \frac{Z_1}{R_p + Z_c + Z_1} = e^{\Delta c}$$

unde, Δc este sporul de câștig, în funcție de frecvență, produs de corector, prin efectul de rezonanță. Rezultă deci

$$\Delta c = \ln \left|\frac{Z_1}{R_p + Z_c + Z_1}\right| \text{ în neperi}$$

contra-distorsiunea arătată în fig. 3, în raport cu axa $o'f'$ (câștigul nedistorsionat). Pentru o frecvență medie f_m, impedanța Z_1, compusă din inductanța primară L_1 a transformatorului de intrare și din capacitatea grătar-filament C_1, în derivație, (fig. 4) este în rezonanță de curent și deci contra-distorsiunea nu există. Corectorul este un dipol, având una din formele arătate în fig. 6, astfel dimensionat că, pentru frecvențele superioare lui f_m intră în rezonanță cu C_1, iar pentru frecvențele inferioare lui f_m intră în rezonanță cu L_1.

In acest chip, corectarea distorsiunii peste frecvența medie f_m — care se alege aproape de 1000 Hz — este independentă de corectarea sub această frecvență. Dar aceste amplificări suplimentare de corecție, produse prin rezonanță, modifică într'o oarecare măsură și impedanța de intrare W a repetorului. Cum această impedanță nu trebue să varieze decât în limita fixată de coeficientul de reflexie

$$\left|\frac{Z-W}{Z+W}\right| \leqslant 0{,}2$$

rezultă că sporul maxim ce poate fi introdus de corector este limitat de această condiție.

Pentru o fabricație în serie a repetorilor telefonici este necesar să se asigure o uniformitate cât mai mare a elementelor constitutive, cu toleranțe cât mai mici, astfel ca performanțele globale să fie aceleași. Influența abaterilor dela valorile

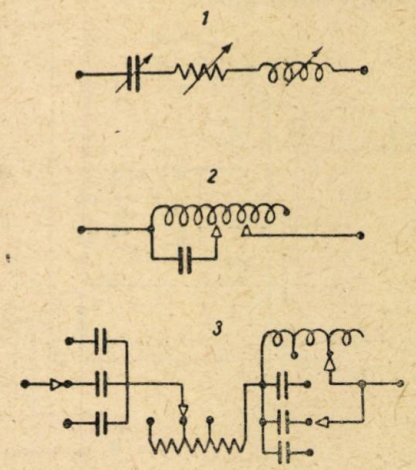


Fig. 6. Exemple de montaje de corector serie.

calculate ale corectorilor, asupra câștigului repetorului, în funcție de frecvență, este arătată în fig. 7, pentru abateri de 10%.

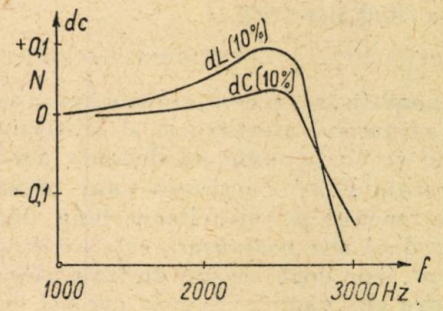


Fig. 7. Variația câștigului (dc) în funcție de frecvența pentru dL și dC de 10%.

Pentru a putea mări puterea maximă debitată, fără a depăși distorsiunea armonică admisibilă (5%), se pot folosi *pentodele*. Acestea au însă neajunsul că nu se pot fabrica cu suficientă uniformitate în ceeace privește toleranțele la constantele fundamentale. Deaceea, înlocuirea unui tub uzat prin altul nou riscă să schimbe performanțele repetorului. Pentru a înlătura acest neajuns se aplică montajul de contra-reacție. In acest mod se stabilizează câștigul, independent de caracteristicile lămpii și de fluctuațiile tolerabile ale tensiunilor de alimentare, eliminându-se totodată și distorsiunile nelineare și sgomotele interne ale repetorului. După cum se știe câștigul unui amplificator cu contra-reacție este exprimat în funcție de factorul de amplificare μ și de exponentul de transfer β al cuadripolului de cuplaj negativ, prin expresia

$$c_n = \ln \frac{\mu}{1 + \mu\beta}.$$

Dacă μ este destul de mare, expresia se poate reduce la $c_n = \ln 1/\beta$, adică amplificarea este o

funcție numai de elemente pasive ale cuadripolului de contra-reacție, nemai depinzând de caracteristicile și tensiunile tubului electronic. Compoziția cuadripolului β se poate alege astfel, ca să producă în același timp și o contra-distorsiune, pentru neutralizarea distorsiunii liniei.

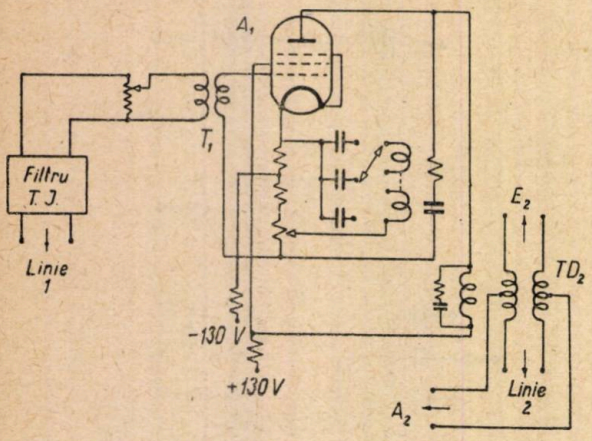


Fig. 8. Repetor vocal cu pentodă și contra-reacție.

Un astfel de repetor de tip nou, cu pentodă și contra-reacție corectoare, este reprezentat schematic în fig. 8, unde este arătat numai jumătate din el (pentru un sens de transmisie), cealaltă jumătate fiind simetrică.

STABILITATEA CIRCUITELOR AMPLIFICATE

Dacă amplificarea și contra-distorsiunea au putut învinge obstacolul atenuării și al distorsiunii în cable, nu se poate spune că distanța a fost complet cucerită. Fiindcă înșirarea unui număr mai mare de repetori pe un circuit lung din două fire, introduce alte neajunsuri, care limitează raza de acțiune. Cele două sensuri de transmisie se pot cupla între ele, dând naștere la curenți de circulație, care deformează convorbirea și o pot face imposibilă.

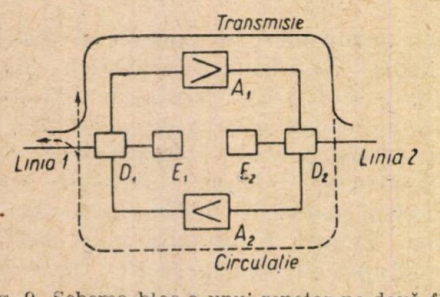


Fig. 9. Schema bloc a unui repetor pe două fire.

In fig. 9 este arătată schema-bloc a unui repetor pe două fire, cu indicația curenților de circulație. A_1 și A_2 sunt cei doi amplificatori pentru cele două sensuri de transmisie; D_1 și D_2 sunt cei doi transformatori diferențiali de intrare și E_1 și E_2 echilibrorii respectivi. După cum se știe, transformatorii diferențiali sunt niște transformatori dubli, cu prize mediane, având patru perechi de borne care se leagă respectiv la: linie, echilibror, intrarea în amplificator și ieșirea din amplificatorul celălalt. Schema simplificată a unui astfel de transformator este arătată în fig. 10 *a*. Se vede că el permite legarea circuitului de două fire al liniei L cu sistemul de patru fire, format din două fire spre intrarea în amplificatorul A_1, și două fire spre ieșirea în amplificatorul A_2. Dacă însemnăm impedanța liniei cu Z, transformatorul diferențial este echivalent cu o punte, având în brațele de sus linia L_1 și echilibrorul E_1, în brațele de jos inductanțele egale ale celor două jumătăți de bobină, sursa branșată prin transformator pe aceste două brațe din urmă și în locul instrumentului de zero, intrarea în amplificatorul A_1. Se vede că la echilibru, adică pentru $Z_L = Z_E$ (impedanța liniei egală, la toate frecvențele transmise, cu impedanța echilibrorului), nu vom avea nicio tensiune la bornele prizei mediane. In acest caz, atenuarea între ieșirea amplificatorului A_2 și intrarea amplificatorului A_1 este infinită.

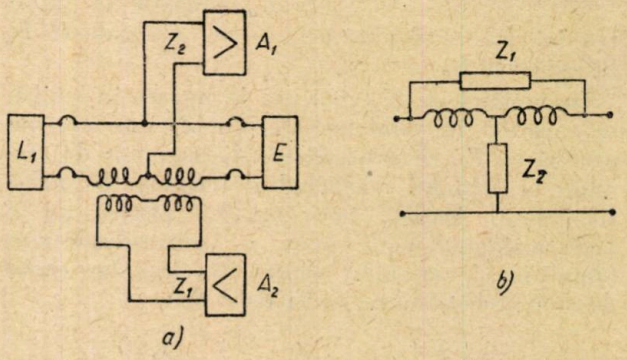


Fig. 10. *a* — schema unui transformator diferențial; *b* — schema echivalentă.

Această condiție care se realizează cu greu în practică, pentru o bandă întreagă de frecvențe, împiedecă cuplajul de reacție între cei doi amplificatori și evită astfel amorsarea de oscilații proprii (fluerături).

Echilibrorii se pot realiza copiind cu suficientă fidelitate curba de impedanță-frecvență a liniei, astfel ca atenuarea pe cale de cuplaj să fie destul de mare (de ordinul 4—5 N). Curenții de circulație în repetori sunt în acest caz foarte mici și nu provoacă decât o slabă distorsiune a câștigului. Când însă avem înșiruați pe o linie lungă mai mulți repetori, se produc curenți de circulație care se propagă pe linie și străbat inelele repetorilor succesivi, astfel că efectele de cuplaj sporesc și circuitul întreg poate începe să „fluere". Acest lucru limitează amplificarea maximă ce poate fi dată repetorilor într'o măsură așa de mare, că numărul maxim de repetori pe două fire, ce pot funcționa stabil și cu un câștig sensibil pe un circuit lung este de 4 sau 5.

Câștigul repetorilor pentru o funcționare stabilă și fără distorsiuni de cuplaj importante, este dat de relația

$$c_n = a_e - \frac{1}{2} \ln [n\,(m-n)]$$

unde a_e este atenuarea de echilibrare

$$a_e = \left| \frac{Z + Z_e}{Z - Z_e} \right|$$

m este numărul repetorilor înşiraţi şi n este ordinul repetorului considerat. Se constată că repetorii din mijlocul unui şir de m secţiuni sunt cei mai expuşi, aşa încât trebue să aibă câştigul cel mai mic.

Stabilitatea de funcţionare a repetorilor înşiraţi pe o linie depinde atât de construcţia cablului (neregularităţi minime de impedanţă), cât şi de construcţia repetorului (preciziunea impedanţei de intrare). Pentru a se evita efectele de reflexii la joncţiunile între repetori şi linie şi mai ales între repetorii terminali, pu i cap în cap la centrală, se cere ca impedanţa de intrare a repetorului să fie 600 ohmi, cu o abatere admisibilă de

$$\left|\frac{W-600}{W+600}\right| \leqslant 0{,}02.$$

Pentru aceasta, trebue privit transformatorul diferenţial ca un cuadripol, cu bornele de intrare şi ieşire spre linie şi spre echilibror libere şi cu bornele spre amplificatori, închise prin impedanţele acestora, Z_1 şi Z_2.

Se vede uşor că acest cuadripol este echivalent cu montajul simplu în T podit din fig. 10, *b*. Impedanţa caracteristică şi exponentul de transfer al acestui cuadripol sunt respectiv

$$W = \sqrt{Z_1 Z_2}, \qquad \operatorname{tgh} g = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}.$$

Impedanţa caracteristică va fi reală şi constantă dacă $Z_1 Z_2 = R^2$, iar exponentul de transfer g va fi infinit. dacă $Z_1/Z_2 = 4$, sau $Z_1 = 4\ Z_2$ (această ultimă condiţie este necesară pentru a micşora atenuarea curenţilor în trecere, prin transformatorul diferenţial).

Pentru a obţine prima condiţie, adică $Z_1\ Z_2 = R^2 = 600^2$, trebue ca atât Z_1 cât şi Z_2 să fie reale şi constante. Z_2 poate fi făcut real, deoarece reprezintă rezistenţa potenţiometrului de intrare, dar Z_1 depinde atât de calitatea transformatorului diferenţial, cât şi de variaţia rezistenţii interne R_i a lămpii, provocată de cuplaje de reacţie.

Defectele transformatorului diferenţial consistă în următoarele abateri dela proprietăţile transformatorului perfect : *a*) inductanţa înfăşurărilor nu este infinită ; *b*) inductanţa de scăpări e diferită de zero ; *c*) pierderile prin curenţi Foucault în înfăşurări şi miez nu sunt neglijabile ; *d*) eventual raportul de transformare nu este exact realizat. Inlăturarea acestor defecte se poate face printr'o fabricaţie foarte îngrijită folosind materiale feromagnetice superioare. Dar, există posibilitatea de a se evita folosirea materialelor speciale, prin aplicarea unor elemente de compensaţie.

Dacă se reprezintă transformatorul diferenţial real, în schema echivalentă de cuadripol, cu elementele parazite separate (inductanţa reală în gol, L_0, inductanţa de scăpări σL_0, rezistenţa datorită pierderilor prin curenţi Foucault în înfăşurări Rb_1 şi Rb_2, iar în fier Rf) se obţine fig. 11, *a*.

Din relaţia $Z_1\ Z_2 = R^2$ rezultă că unele elemente parazite pot fi trecute dintr'un braţ (de exemplu longitudinal) în altul (transversal), prin procesul de inversare, cu puterea R^2. Astfel, ele pot fi compensate prin introducerea în braţul opus a valorii corespunzătoare inversate. Inductanţa în gol L_0 poate fi compensată prin conectarea „în serie" cu braţul transversal, a unei capacităţi de valoarea $C_2 = L_0/R^2$, iar inductanţa de scăpări σL_0, prin conectarea „în derivaţie" pe braţul transversal a unei capacităţi $C_1 = \sigma L_0/R^2$.

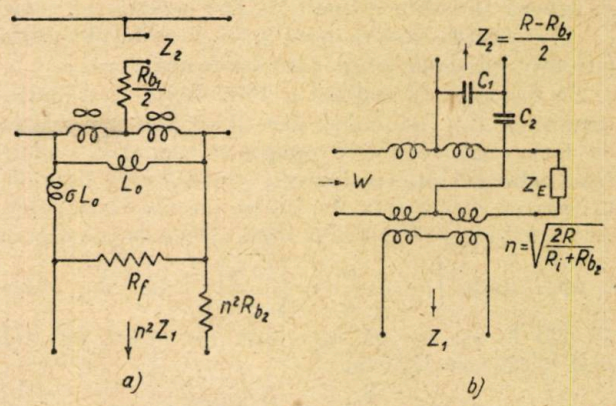


Fig. 11. *a* — schema echivalentă a transformatorului diferenţial real ; *b* — schema transformatorului perfect cu elemente de compensaţie.

Rezistenţa de pierderi în cupru, din bobinajul primar (R_{b1}) se compensează parţial cu rezistenţa de pierderi în fier (R_f), iar restul se include în rezistenţa de intrare spre potenţiometru. La fel rezistenţa de pierderi în bobinajul secundar (R_{b2}) se include în R_i (rezistenţa internă a triodei) prin alegerea unui raport de transformare potrivit

$$n^2 = \frac{2R}{R_i + R_{b2}}.$$

Schema completă a transformatorului diferenţial perfectat astfel, este arătată în fig. 11, *b* cu valorile corespunzătoare ale elementelor de compensaţie. Cu aceasta, coeficientul de reflexie faţă de R=600 ohmi, provocat de imperfecţiunile transformatorului, scade la mai puţin de un sfert din valoarea iniţială.

Variaţia impedanţei Z_1 provocată de rezistenţa internă efectivă a lămpii poate fi redusă, fie printr'un condensator de neutralizare a capacităţii grătar-placă, fie prin utilizarea pentodelor şi a contra-reacţiei.

REPETORI VOCALI PE PATRU FIRE

Pentru distanţe foarte mari care necesită zeci de repetori înşiraţi pe linie, sistemul cu două fire nu mai poate fi aplicat. In acest caz, se recurge la separarea, pe tot parcursul, a celor două sensuri de transmisie. Avem, cu alte cuvinte, o cale dublă, fiecare din cele două căi fiind cu sens unic de transmisie. Aceste două căi se pot realiza sau fizic, utilizându-se un circuit cu patru fire, sau cu ajutorul frecvenţelor purtătoare, pe o bază de două fire metalice.

Pentru amplificarea unui astfel de circuit cu patru fire, se folosesc repetori care nu mai au nevoie de transformatori diferenţiali şi echilibrori, deoarece cei doi amplificatori dintr'un punct nu mai sunt cuplaţi.

Acest lucru permite un câștig mai mare la repetori, în primul rând din cauza eliminării atenuării suplimentare introdusă de transformatorii diferențiali ($2 \times 0{,}5$ N), și în al doilea rând, din cauza stabilității de amplificare sporită.

Pentru înlăturarea diafoniei, care ar putea deveni periculoasă din cauza amplificării sporite, se separă în cablu grupele de fire pentru un sens, de cele pentru sensul opus, prin perechi obișnuite (circuite cu două fire), care formează ecran.

Pe distanțe de ordinul a 1000 km și mai mult, apar însă alte fenomene, care limitează transmisia cu frecvențe vocale. Propagarea oscilațiilor electrice în lungul liniei se face cu o viteză care depinde de natura circuitului. Astfel, pe un circuit în cablu de tip urban, cu fire de 0,6 mm, viteza de propagare a unei unde $\left(v = \frac{\omega}{\beta} = \sqrt{\frac{2\omega}{CR}}\right)$ este de circa 45 500 km/s, iar pe un cablu pupinizat cu 177 mH la fiecare 1830 m,

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_p C s}} = 16\,320 \text{ km/s.}$$

Cum însă curenții microfonici nu sunt formați din unde singure, ci se compun totdeauna din grupări de unde apropiate (din cauza regimului discontinuu al vorbirii), viteza de propagare a energiei vocale trebue considerată ca o *viteză de grup*.

Pentru un cablu pupinizat, viteza de grup este

$$v_g = \frac{d\omega}{d\beta} = \pi f_0 \sqrt{1 - \frac{f^2}{f_0^2}},$$

adică este o funcție de frecvența transmisă f, cu parametru frecvența de tăiere f_0. Din cauza aceasta, diferitele componente ale sunetelor vocale ajung defazate diferit, ceeace nu este un inconvenient prea mare, dar în același timp, și numeroasele frecvențe ce apar la emisiunea fiecărui cuvânt sau silabă, se decalează astfel în timp, încât dau naștere unor perturbații tranzitorii la toate începuturile de sunete. Apare, cu alte cuvinte, *o distorsiune de durată de propagare*, care poate deveni supărătoare, dacă fenomenele tranzitorii produse durează mai mult de 30 milisecunde.

In cazul cablului pupinizat de mai sus ($L_p = 177$ mH, $s = 1{,}83$ km), fenomenele tranzitorii limitează distanța de transmitere la cel mult 1300 km.

Pentru distanțe mai mari trebue cable cu viteză mai mare de propagare. Acestea sunt cablele slab pupinizate sau pur și simplu nepupinizate, echipate cu sisteme de frecvență purtătoare. Tehnica acestor sisteme, care permit străbaterea distanțelor maxime de pe glob și totodată asigură utilizarea intensivă a circuitelor metalice, s'a desvoltat foarte mult în ultimul timp, tinzând să cucerească treptat întreg domeniul telefoniei la foarte mare distanță.

Bibliografie

Grodnev I. I., Miller B. T. Cable de telecomunicații. Energoizdat, Moscova, 1950.

Baev N. A., Egorov. Bazele telefoniei la mare distanță. Zviazizdat, Moscova, 1949.

★

ТЕЛЕФОНИРОВАНИЕ НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Резюме

Главные вопросы по телефонированию на большие расстояния это сопоставление затухания и уменьшение искажений.

Затухание можно уменьшить посредством пупинизации и можно компенсировать усилением. Усиление зависит от уровня шума и от максимальной мощности доставляемой электронной лампой.

Искажение в кабеле можно уменьшить посредством корректирующих контуров или же посредством обратной отрицательной связи. Для увеличения устойчивости следует уменьшить конструктивные допуски дифференциальных трансформаторов. При этом, начиная с 5 усилителей и больше трансмиссия уже невозможна как только по 4 проводам или же посредством несущих токов.

★

CONSIDERAȚII ASUPRA FORȚELOR ELECTROMOTOARE INDUSE ÎN MAȘINILE ELECTRICE

Prof. Dr. Ing. G. PETRESCU

Articolul tratează chestiunea forțelor electromotoare statice și de rotație care se produc în mașinile cu colector monofazate și aduce lămuriri asupra problemei decalajului nul în timp, între forțele electromotoare de rotație și flux

Este bine cunoscut că forțele electromotoare produse în mașinile electrice sunt datorite fenomenului de inducție electromagnetică, adică variației fluxului magnetic în spire și că valoarea lor rezultă din aplicarea legii inducției electromagnetice:

$$e = -\frac{d\varphi}{dt}.$$

Fenomenul de inducție are două aspecte bine distincte, care depind de modul cum se produce variația fluxului.

In cazul când variația fluxului este realizată printr'o deplasare, care în mod normal este o mișcare de rotație, forțele electromotoare sunt obținute pe cale cinematică și se numesc *forțe electromotoare de rotație*. Acesta este cazul uzual al mașinilor electrice rotative și în mod special al mașinilor de curent continuu, precum și al mașinilor de curent alternativ bazate pe câmp învârtitor (mașinile sincrone, mașinile asincrone și mașinile cu colector polifazate).

In cazul când variația fluxului este realizată numai prin variația câmpului magnetic datorită variației curentului care produce acest câmp, forțele electromotoare sunt obținute pe cale statică și se numesc *forțe electromotoare de transformare* sau *forțe electromotoare statice*. Acesta este cazul transformatorilor statici.

FORȚELE ELECTROMOTOARE INDUSE IN MAȘINILE CU COLECTOR MONOFAZATE

In afară de cele două feluri de mașini arătate mai sus, există încă o categorie de mașini, la care aceste două moduri de producere a forțelor electromotoare se suprapun. Acesta este cazul mașinilor cu colector de curent alternativ monofazat. La aceste mașini, intervenind atât variația statică a fluxului datorită câmpului magnetic inductor alternativ, produs de curentul alternativ, cât și variația cinematică datorită mișcării de rotație a rotorului, se produc atât forțe electromotoare statice, cât și forțe electromotoare de rotație.

Atât forțele electromotoare de rotație, cât și forțele electromotoare statice intervin în funcționarea mașinilor cu colector monofazate sub mai multe forme:

a) Forțe electromotoare induse într'o spiră în mișcarea ei de rotație.

b) Forțe electromotoare induse în spira, care corespunde în fiecare moment unei poziții fixe în spațiu. Astfel, valoarea forței electromotoare induse în spira care se găsește în fiecare moment în poziția corespunzătoare unei perii de pe colector, joacă un rol important în producerea scânteilor la colector, datorită scurtcircuitării acestei spire prin perie.

c) Forțe electromotoare la perii, obținute prin însumarea forțelor electromotoare montate în serie între două perii. Acestea constitue un factor fundamental în stabilirea proprietăților de funcționare ale mașinii. Prin diversitatea modului cum sunt combinate și folosite, forțele electromotoare statice și de rotație obținute la perii, se realizează diferitele tipuri de mașini cu colector monofazate, având fiecare proprietățile lor specifice: motorul monofazat serie, motorul universal, motorul cu repulsie simplu (cu perii decalabile, diametrale), motorul cu repulsie cu perii decalabile cu pas scurtat, motorul cu repulsie cu dublu rând de perii, motorul cu repulsie cu perii fixe, motorul cu repulsie compensat, motorul monofazat derivație, etc.

FORȚELE ELECTROMOTOARE INDUSE INTR'O SPIRĂ IN MIȘCARE

Pentru a putea studia forțele electromotoare induse într'o spiră în mișcare, se va analiza în cele ce urmează modul de producere al acestor forțe electromotoare.

Intr'o mașină electrică, valoarea φ a fluxului inductor, care străbate o spiră a rotorului poate fi pusă sub forma:

$$\varphi_a = mi$$

în care m reprezintă valoarea variabilă a inductanței mutuale, între bobinajul inductor și spira rotorului, iar i este curentul inductor.

Forța electromotoare ε indusă în spiră în mișcare este dată de relația:

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d(mi)}{dt} = -\left(i\frac{dm}{dt} + m\frac{di}{dt}\right)$$

Din această relație rezultă, că variația fluxului $d(mi)$ și în consecință producerea forțelor electromotoare induse este realizată pe două căi diferite:

a) Prin variația inductanței mutuale $\frac{dm}{dt}$, rezultând din deplasarea spirei în raport cu fluxul inductor, datorită mișcării de rotație. Aceasta constitue forța *electromotoare de rotație*.

b) Prin variația curentului inductor $\frac{di}{dt}$ datorită caracterului său alternativ. Aceasta constitue *forța electromotoare statică*.

In cazul mașinilor de curent continuu și al mașinilor de curent alternativ cu flux învârtitor,

curentul i și fluxul inductor fiind constant, $m\frac{di}{dt}=0$ și deci forța electromotoare produsă se reduce la forța electromotoare de rotație.

In cazul transformatorilor statici, m fiind constant, $i\frac{dm}{dt}=0$ și forța electromotoare produsă se reduce la forța electromotoare statică.

In cazul mașinilor cu colector monofazat, variația fluxului fiind produsă atât prin mișcarea rotorului cât și prin variația curentului inductor, ia naștere atât o forță electromotoare de rotație, cât și o forță electromotoare statică.

Se va analiza în mod special acest caz și pentru simplificare, se va considera că mașina este bipolară și are rotorul în formă de inel (fig. 1) și că

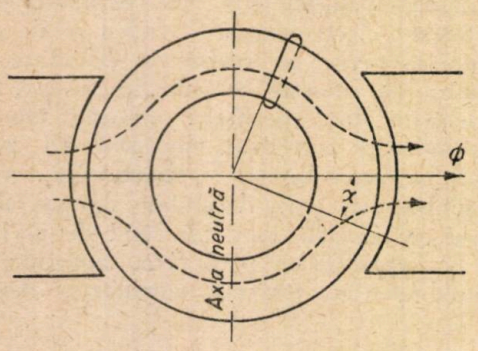


Fig. 1. Mașină cu rotor în formă de inel.

curentul inductor este sinusoidal de forma :

$$i = I_m \cos \omega t.$$

Dacă repartizarea fluxului în întrefier este sinusoidală, valoarea fluxului în spiră este :

$$\varphi_\alpha = \frac{\varphi}{2}\cos \alpha = iM_m \cos \alpha,$$

în care φ_α reprezintă valoarea instantanee a fluxului inductor total, M_m reprezintă valoarea maximă a inductanței mutuale corespunzând spirei aflate într'un plan perpendicular pe axa fluxului, iar α este unghiul pe care-l face axa fluxului inductor cu normala pe planul spirei. Deci :

$$m = M_m \cos \alpha \quad \text{și} \quad \varphi_\alpha = I_m M_m \cos \alpha \cos \omega t.$$

Pentru o spiră în mișcare, unghiul α fiind variabil cu timpul, valoarea forței electromotoare induse în spiră va fi :

$$\varepsilon = -i\frac{dm}{dt} - m\frac{di}{dt} =$$

$$= M_m I_m (\omega \cos \alpha \sin \omega t + \frac{d\alpha}{dt} \sin \alpha \cos \omega t). \quad (1)$$

Dacă notăm cu $\frac{\Phi}{2} = M_m I_m$ valoarea maximă a fluxului în spiră și cu ω' viteza unghiulară a rotorului, rezultă :

$$\alpha = \omega' t, \quad \frac{d\alpha}{dt} = \omega'$$

și în consecință

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{2}\omega \cos \omega' t \sin \omega t + \frac{\Phi}{2}\omega' \sin \omega' t \cos \omega t$$

sau

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{4}(\omega + \omega') \sin (\omega + \omega') t +$$

$$+ \frac{\Phi}{4}(\omega - \omega') \sin (\omega - \omega') t. \quad (2)$$

La același rezultat se poate ajunge dacă se consideră că fluxul inductor alternativ $\frac{\Phi}{2}\cos \omega t$ ar fi descompus în două fluxuri învârtitoare de amplitudine $\frac{\Phi}{4}$, având vitezele $+\omega'$ și $-\omega'$. Spira rotindu-se cu viteza ω', va fi sediul a două forțe electromotoare suprapuse :

una $\quad \frac{\Phi}{4}(\omega + \omega') \sin (\omega + \omega') t$

și alta $\quad \frac{\Phi}{4}(\omega - \omega') \sin (\omega - \omega') t.$

Rezultă deci că forța electromotoare indusă în spira în mișcare, având o valoare egală cu suma a două funcțiuni sinusoidale de pulsații diferite $\omega + \omega'$ și $\omega - \omega'$, nu este în general sinusoidală în timp, chiar dacă fluxul are repartiție sinusoidală. Legând capetele spirei la două inele colectoare, montate pe axul rotorului, se poate culege forța electromotoare nesinusoidală dată de relația (2).

Ea devine sinusoidală în următoarele cazuri particulare :

α) Când $\omega = 0$ și deci :

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{4}\left[\omega' \sin \omega' t - \omega' \sin (-\omega' t)\right] =$$

$$= \frac{\Phi}{2}\omega' \sin \omega' t.$$

Acesta este cazul mașinilor de curent continuu, la care forțele electromotoare induse în spirele în mișcare sunt alternative sinusoidale și au o pulsație care corespunde vitezei de rotație.

β) Când $\omega' = 0$ și deci :

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{4}(\omega \sin \omega t + \omega \sin \omega t) = \frac{\Phi}{2}\omega \sin \omega t.$$

Acesta este cazul transformatorilor statici și al mașinilor cu colector monofazate, la pornire.

γ) Când $\omega' = \omega$ și deci :

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{2}\sin 2\omega t.$$

Acesta este cazul mașinilor cu colector, monofazate, funcționând la sincronism.

FORȚELE ELECTROMOTOARE CORESPUNZĂTOARE UNEI POZIȚII FIXE IN SPAȚIU

Să urmărim în mișcarea lor spirele care trec în dreptul unei poziții fixe în spațiu și să determinăm valoarea forței electromotoare induse în spirele care se succed în această poziție.

Conform relației (1) valoarea forței electromotoare indusă într'o spiră în mișcare este :

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{2}(\omega \cos \alpha \sin \omega t + \frac{d\alpha}{dt} \sin \alpha \cos \omega t)$$

Ținând seama că $\frac{d\alpha}{dt} = \omega'$ și că pentru poziția fixă în spațiu OA, corespunde unghiul $\alpha = \alpha_1$ (fig. 2), forța electromotoare ε', care se induce

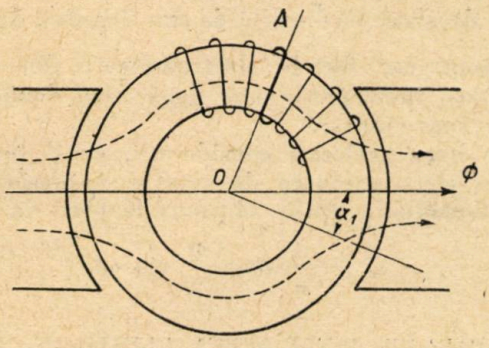


Fig. 2. Spira care corespunde unei poziții fixe în spațiu.

în spirele ce se succed prin această poziție, are expresia :

$$\varepsilon' = \frac{\Phi}{2}(\omega \cos \alpha_1 \sin \omega t + \omega' \sin \alpha_1 \cos \omega t). \quad (3)$$

Rezultă că în compunerea forței electromotoare ε' intervin două forțe electromotoare :

a) forța electromotoare de rotație

$$\varepsilon'_r = \frac{\Phi}{2}\omega' \sin \alpha_1 \cos \omega t =$$

$$= \frac{\Phi}{2}\omega' \cos\left(\alpha_1 - \frac{\pi}{2}\right) \cos \omega t ; \quad (4)$$

b) forța electromotoare statică

$$\varepsilon'_s = \frac{\Phi}{2}\ \omega \cos \alpha_1 \sin \omega t =$$

$$= \frac{\Phi}{2}\ \omega\ \cos\ \alpha_1 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right). \quad (5)$$

Din această relație rezultă că atât forța electromotoare de rotație cât și cea statică, precum și cea rezultantă, corespunzând unei poziții fixe în spațiu, sunt funcțiuni sinusoidale în timp de pulsație ω, ca și curentul inductor.

Amplitudinea lor depinde de unghiul α_1, iar faza lor în timp este aceeași pentru toate pozițiile independent de valoarea unghiului α_1. Forța electromotoare de rotație ε'_r este maximă în spira al cărei plan conține axa fluxului ($\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$), iar forța electromotoare statică este maximă în spirele al căror plan conține axa neutră ($\alpha_1 = 0$).

FORȚA ELECTROMOTOARE OBȚINUTĂ LA PERII

Dacă considerăm un sistem de perii plasate diametral (fig. 3), forța electromotoare obținută la perii poate fi considerată ca rezultând din totalizarea forțelor electromotoare statice și de rotație induse în toate spirele, care ocupă simultan diferitele poziții cuprinse între perii.

După cum s'a arătat mai sus, toate aceste forțe electromotoare statice și respectiv toate aceste forțe electromotoare de rotație sunt în fază, din punct de vedere al decalajului în timp.

După cum se vede în fig. 4, în toate pozițiile din jumătatea din dreapta a rotorului, datorită rotirii spirelor, producându-se o scădere a fluxului ($-\ d\varphi$) dela valoarea $+\frac{\Phi}{2}$ la $-\frac{\Phi}{2}$, forțele electromotoare de rotație ($e = \frac{d\varphi}{dt}$), sunt pozitive. iar în cele din jumătatea din stânga, producându-se o creștere a fluxului ($+\ d\varphi$) dela $-\frac{\Phi}{2}$ la $+\frac{\Phi}{2}$ forțele electromotoare de rotație sunt negative.

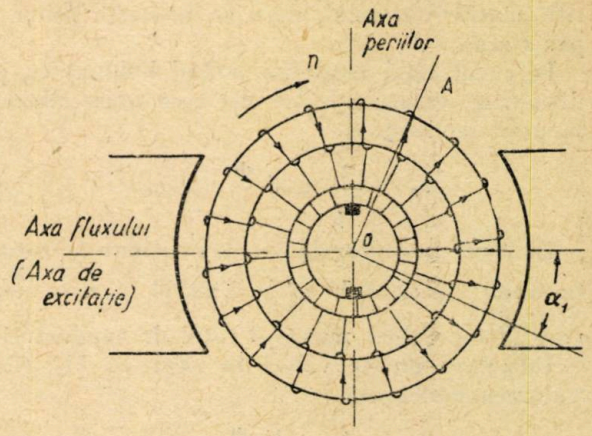


Fig. 3. Sensul forțelor electromotoare de rotație induse în spirele rotorului.

In consecință, forța electromotoare de rotație între perii are o valoare maximă atunci când periile cuprind toate forțele electromotoare de același sens dintr'o jumătate a rotorului, adică atunci când axa lor este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ față de axa fluxului.

Dimpotrivă. dacă axa periilor coincide cu axa fluxului, forțele electromotoare de rotație dintr'un sfert de indus sunt de sens contrar cu acelea din celălalt sfert și în consecință, forța electromotoare obținută la perii este nulă.

Dacă toate spirele ar fi străbătute de fluxul maxim, care are la momentul t valoarea $\frac{\Phi}{2}\cos \omega t$, valoarea forțelor electromotoare, obținută la perii e_{rm}, ar fi egală cu numărul w de spire în serie într'o jumătate a rotorului, înmulțit cu forța electromotoare ε_{rm}, din spira în care forța electromotoare este maximă la acel moment (din spira care se găsește în axa fluxului $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$),

$$e_{rm} = w\ \varepsilon'_{rm} = w\omega' \frac{\Phi}{2} \cos\ \omega t. \quad (6)$$

Datorită însă repartiției sinusoidale a fluxului, în raport cu diferitele poziții ale spirelor, valoarea forței electromotoare indusă într'o spiră făcând unghiul α_1 în axa neutră va fi :

$$\varepsilon'_r = \frac{\Phi}{2}\ \omega' \sin \alpha_1 \cos \omega t$$

adică redusă cu factorul sin α_1, față de ε'_m, astfel încât și valoarea forței electromotoare totale obținută la perii va fi redusă față de valoarea e_{rm} indicată mai sus cu un factor ζ, denumit *factor de bobinaj*.

In cazul când bobinajul are un pas diametral, acest factor se reduce la *factorul de zonă* și dacă periile sunt diametral opuse, el are valoarea

$$\zeta = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \sin \alpha \, d\alpha = \frac{2}{\pi}.$$

In cazul când bobinajul ar fi cu pas scurtat, în valoarea factorului de bobinaj mai intervine și un alt factor corespunzător reducerii de flux datorite scurtării pasului, care se numește *factor de pas scurtat*.

In cazul când mașinilor având bobinaj cu pas diametral, valoarea forței electromotoare obținută la perii devine :

$$e_r = \frac{2}{\pi} \, w\omega' \, \frac{\Phi}{2} \cos \omega t. \qquad (7)$$

In cazul mașinilor de curent continuu cu rotorul în inel $\cos \omega t = 1$ $\omega' = 2\pi n/60$ și $w = \frac{N}{2}$, în care N reprezintă numărul total de conductori.

Inlocuind aceste valori la expresia (7) găsim valoarea cunoscută

$$E = \frac{Nn\Phi}{60}.$$

Expresia de mai sus corespunde și pentru construcția cu rotorul în tobă, deoarece în acest caz valoarea fluxului maxim, care străbate o spiră este Φ, iar numărul de spire în serie este

$$W = \frac{N}{4}.$$

După cum se arată în fig. 4, toate spirele care ocupă diferitele poziții din jumătatea superioară a mașinii, fiind străbătute de fluxul inductor alternativ prin aceeași față, sunt sediul unor forțe

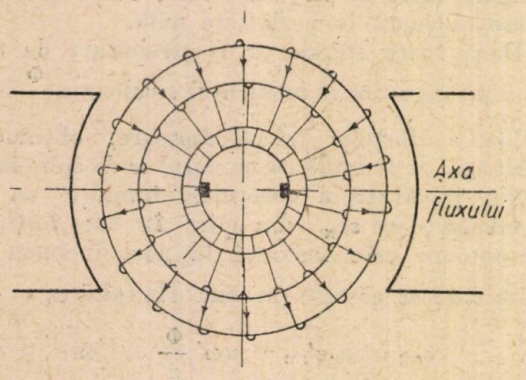


Fig. 4. Sensul forțelor electromotoare statice induse în spirele rotorului.

electromotoare statice de un sens și toate spirele din jumătatea inferioară, fiind străbătute de flux prin fața opusă, sunt sediul unor forțe electromotoare statice de sens contrar.

In consecință, valoarea forței electromotoare statice la perii este maximă atunci când axa periilor coincide cu axa fluxului, deoarece forțele electromotoare din spirele cuprinse între perii se însumează ; ea este nulă atunci când axa periilor este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ față de axa fluxului, deoarece în acest caz forțele electromotoare din spirele cuprinse între perii sunt două câte două egale și de sens contrar.

Pe baza acelorași considerații, ca și în cazul forței electromotoare de rotație, expresia forței electromotoare statice obținute la perii va fi

$$e_s = \frac{2}{\pi} \, \omega w \, \frac{\Phi}{2} \sin \omega t.$$

DECALAJUL INTRE FORȚA ELECTROMOTOARE ȘI FLUX

Este bine cunoscut că în cazul curenților alternativi, produși pe baza fenomenului de inducție electromagnetică, între fluxul inductor și forța electromotoare există un decalaj egal cu $\frac{\pi}{2}$, rezultând din aplicarea legii inducției $e = -\frac{d\varphi}{dt}$.

Deși acest principiu cu caracter general este valabil pentru toate mașinile electrice, considerăm util a aduce în discuție aplicarea lui, în cazul special al mașinilor cu colector, pentru a lămuri anumite aspecte, care par a fi în contradicție cu acest principiu. Astfel, în toate tratatele de specialitate, la studiul comutației mașinilor cu colector, se menționează că forța electromotoare statică indusă în spira în comutație este decalată cu $\frac{\pi}{2}$, în raport cu fluxul inductor, în timp ce forța electromotoare de rotație este în fază cu fluxul inductor, fără a se indica explicația acestei afirmații aparent paradoxală.

Deasemenea, se afirmă că forța electromotoare de rotație obținută la perii este în fază cu fluxul inductor, justificându-se acest lucru pe baza relației de proporționalitate între forța electromotoare și flux $E = nN\,\Phi$.

In această chestiune trebue observat în primul rând că decalajul $\frac{\pi}{2}$ care rezultă din legea inducției, nu trebue considerat între forța electromotoare indusă și fluxul inductor, ci între forța electromotoare și fluxul care în mod real străbate spira.

Să examinăm pe rând cele trei aspecte sub care intervine forța electromotoare indusă :

1. Pentru forța electromotoare indusă în spira în mișcare, valoarea acestui decalaj rezultă din ecuația forței electromotoare indusă într'o spiră în mișcare :

$$\varepsilon = -\left(i\frac{dm}{dt} + m\frac{dt}{di}\right) = -\left(i\frac{dm}{d\alpha}\frac{d\alpha}{dt} + m\frac{di}{dt}\right).$$

Din această ecuație se pot trage următoarele concluzii :

a) Forța electromotoare statică $-m\frac{di}{dt}$ este

în mod real decalată în timp cu $\frac{\pi}{2}$, în raport cu curentul inductor și în consecință cu fluxul inductor.

b) Forța electromotoare de rotație $-i\frac{dm}{d\alpha}\frac{d\alpha}{dt}$ este direct proporțională cu curentul inductor și deci este în fază cu acest curent și cu fluxul inductor.

c) Producerea forței electromotoare de rotație este datorită variației fluxului, obținută prin două elemente variabile :

— variația inductanței mutuale în raport cu unghiul $\frac{dm}{d\alpha}$;

— variația unghiului α în raport cu timpul $\frac{d\alpha}{dt}$.

Dar $\frac{d\alpha}{dt} = \omega'$ reprezintă viteza unghiulară, care la mașinile electrice rotative nu este o mărime alternativă, astfel încât ea nu poate introduce nici un decalaj. In schimb, mărimea $\frac{dm}{d\alpha}$ este o mărime alternativă, care este sinusoidală în cazul când se consideră că fluxul are o repartiție sinusoidală și în consecință decalajul care corespunde legii inducției rezultă din această expresie.

Se constată însă, că acest decalaj de $\frac{\pi}{2}$ este în raport cu unghiul α și în consecință este un decalaj în spațiu, adică pozițiile de valori maxime și nule pentru forța electromotoare sunt decalate cu $\frac{\pi}{2}$, față de pozițiile corespunzătoare pentru flux.

Acest decalaj în spațiu nu se referă însă la fluxul inductor, ci la fluxul care străbate spira în mișcare.

Dacă variația în spațiu a forței electromotoare și a fluxului ar fi transpusă într'o variație în timp, prin intermediul relației $\alpha = \omega' t$, s'ar obține, după cum s'a arătat mai sus, niște funcțiuni nesinusoidale în raport cu timpul, pentru care noțiunea de decalaj ar fi lipsită de semnificație.

2. Decalajul forței electromotoare, care corespunde unei poziții fixe în spațiu, rezultă din comparația ecuației fluxului care străbate această spiră

$$\varphi_a = mi = \frac{\Phi}{2}\cos\alpha_1\cos\omega t$$

cu ecuațiile (4) și (5) ale celor două forțe electromotoare :

Forța electromotoare statică :

$$\varepsilon_s = \frac{\Phi}{2}\omega\cos\alpha_1\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

și forța electromotoare de rotație :

$$\varepsilon' = \frac{\Phi}{2}\omega\cos\left(\alpha_1 - \frac{\pi}{2}\right)\cos\omega t.$$

Din aceste relații rezultă că forța electromotoare statică corespunzătoare unei poziții fixe în spațiu este decalată în timp cu $\frac{\pi}{2}$ față de flux, pe când forța electromotoare de rotație are în timp un decalaj nul. In schimb, forța electromotoare de rotație este decalată în spațiu cu $\frac{\pi}{2}$ față de flux, pe când decalajul forței electromotoare statice în spațiu este nul.

3. Decalajul forței electromotoare obținută la perii, rezultă din comparația ecuației fluxului care străbate o spiră,

$$\varphi'_a = \frac{\Phi}{2}\cos\alpha\cos\omega t$$

cu ecuația forței electromotoare de rotație obținută la perii. In cazul rotorului cu colector în formă de inel, când axa periilor este normală pe axa polilor, se obține numai o forță electromotoare de rotație.

$$e_r = \frac{2}{\pi}\,w\,\omega'\,\frac{\Phi}{2}\cos\omega t.$$

Se constată, că această forță electromotoare este în fază, în timp cu fluxul inductor.

Dimpotrivă, dacă se face comparația cu ecuația forței electromotoare statice obținută la perii, atunci când axa periilor coincide cu axa polilor

$$e_s = \frac{2}{\pi}\,\omega\,w\,\frac{\Phi}{2}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Se constată că forța electromotoare este decalată în timp cu $\frac{\pi}{2}$ față de fluxul inductor.

Dacă periile sunt plasate pe o direcție oarecare, făcând un unghi β cu axa neutră (fig. 5), forța electromotoare obținută la perii este dată de relația :

$$e_\beta = \frac{2}{\pi}\,w\,\omega'\,\frac{\Phi}{2}\cos\omega t\cos\beta + \\ + \frac{\pi}{2}\,w\,\omega\,\frac{\Phi}{2}\cos\left(\omega t - \frac{\Phi}{2}\right)\sin\beta$$

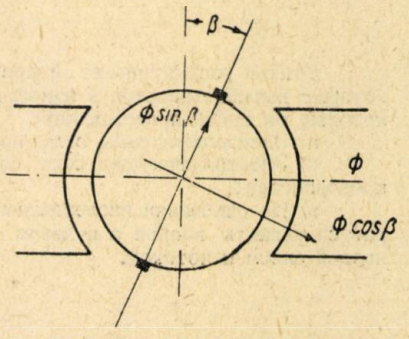


Fig. 5. Periile rotorului fac un unghi oarecare β cu axa neutră.

deci

$$e_\beta = e_r\cos\beta + e_s\sin\beta.$$

In consecință și în acest caz se poate spune că forța electromotoare de rotație este în fază în timp cu fluxul inductor, iar forța electromotoare statică este decalată în timp cu $\frac{\pi}{2}$ față de acest flux.

In ceeace privește decalajul în spațiu între forța electromotoare obținută la perii și flux, el

rezultă din unghiul pe care-l face axa periilor în poziția corespunzătoare forței electromotoare maximă față de axa fluxului.

In cazul unui rotor cu colector în formă de inel, forța electromotoare de rotație este maximă atunci, când axa periilor este perpendiculară pe axa fluxului, astfel încât se poate considera că forța electromotoare de rotație obținută la perii este decalată în spațiu cu $\frac{\pi}{2}$ față de flux.

Dimpotrivă, forța electromotoare statică obținută la perii este maximă atunci, când axa periilor coincide cu axa fluxului, astfel încât se poate afirma că forța electromotoare statică are un decalaj nul în spațiu față de flux.

Dacă rotorul cu colector este în tobă, planul longitudinal, care conține axa periilor, nu mai coincide cu planul care conține spirele scurtcircuitate de perii, adică spirele între care se face însumarea forțelor electromotoare induse, pentru a se obține forța electromotoare rezultantă la perii.

Axa periilor este în acest caz rotită față de planul spirelor scurtcircuitate de perii cu un unghi γ, care în mod normal este egal cu jumătate din unghiul de pas al bobinajului.

Dacă bobinajul este cu pas diametral $\gamma = \frac{\pi}{2}$;

dacă bobinajul are pas scurtat $\gamma < \frac{\pi}{2}$.

Din cauza acestei rotiri suplimentare a axei periilor, depinzând de detaliile de execuție ale bobinajului, noțiunea de decalaj în spațiu între forța electromotoare la perii și flux, nu mai are nicio semnificație.

Concluziile de mai sus referitoare la decalajul $\frac{\pi}{2}$ în spațiu între forța electromotoare de rotație și flux și decalajul nul în spațiu între forța electromotoare statică și flux se mențin valabile, dacă acest decalaj nu este considerat în raport cu axa periilor, ci în raport cu axa care corespunde planului spirelor scurtcircuitate de perii, între care se face totalizarea forțelor electromotoare, pentru a se obține forța electromotoare rezultantă la perii.

Ca încheiere la cele expuse mai sus, cu privire la decalajul în spațiu între forța electromotoare și flux, se poate constata că această noțiune de decalaj în spațiu servește pentru a lămuri această aparentă inconsecvență, care ar rezulta din afirmația că forța electromotoare de rotație este în fază cu fluxul. In mod riguros forța electromotoare de rotație este în fază în timp, dar este în schimb decalată în spațiu cu $\frac{\pi}{2}$ în raport cu fluxul.

Bibliografie

Piotrovski L. M. Mașini electrice. Editura Energetică de Stat, Moscova 1949.

Kostenko M. P. Mașini electrice. Editura Energetică de Stat, Moscova 1949.

★

СООБРАЖЕНИЯ ПО ПОВОДУ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩИХ СИЛ ИНДУКТИРОВАННЫХ В ЭЛЕКТРОМАШИНЫ

Резюме

Статья рассматривает вопрос о статических и ротационных электродвижущих силах, которые вырабатываются в однофазных коллекторных электромашинах, со всех трех сторон, которые он собой представляет:

а) Электродвижущая сила, индуктированная в спираль находящуюся в движени;

б) Электродвижущая сила, соответствующая какому либо неподвижному положению в пространстве;

в) На основании исследований, сделанных об этих электродвижущих силах, автор старается уяснить вопрос о нулевом промежутке во времени между ротационной электродвижущей силой и потоком.

★

CALCULUL ŞI FABRICAŢIA CONURILOR DE MICANITĂ

Ing. B. FELDMAN

In multe cazuri, maşina de curent continuu nu poate fi înlocuită, cu toate că în lupta dintre curentul continuu şi curentul alternativ, primul a pierdut mult teren. In construcţia maşinii de curent continuu, cea mai delicată piesă componentă a colectorului este conul de micanită. In acest articol se descrie calculul şi fabricaţia conurilor de micanită.

In lupta dintre curentul continuu şi curentul alternativ primul a pierdut foarte mult teren. Cu toate dificultăţile pe care le avem la construcţia maşinilor de curent continuu, precum şi în timpul exploatării lor, suntem totuşi siliţi să păstrăm aceste maşini din cauza caracteristicilor lor speciale, care sunt necesare în multe împrejurări.

In unele cazuri, maşina de curent continuu nu poate fi înlocuită, de exemplu la conducerea maşinilor de tracţiune şi în electrochimie.

Cu atât mai importantă va fi mâine problema construcţiei şi folosirii maşinilor de curent continuu, când electrificarea ţării va pune la dispoziţie mari disponibilităţi de energie electrică şi când aplicaţiile vor fi mult mai desvoltate.

Adevărata faţă a acestei probleme o vedem mai cu seamă privind situaţia din U.R.S.S., unde industria este mult mai avansată decât la noi şi unde construcţia de maşini de curent continuu s'a desvoltat foarte mult.

Construcţia maşinilor de curent continuu prezintă dificultăţi mai mari decât aceea a maşinilor de curent alternativ, mai cu seamă din cauza fabricaţiei colectoarelor. In adevăr, colectorul este o piesă foarte delicată deoarece :

1. Suprafaţa activă a colectorului este alcătuită dintr'un mare număr de lamele de cupru şi de micanită aşezate alternativ şi trebue să constitue un singur corp.

2. Piesele componente ale colectorului prezintă forme geometrice complicate, de exemplu : conicitatea inelelor de strângere, cozile de rândunică ale lamelelor, forma destul de complicată a conurilor de micanită, etc.

3. In timpul funcţionării apar fenomene dinamice complicate, care se desvoltă sub influenţa forţelor centrifugale combinate cu dilatări produse de variaţia de temperatură ale lamelelor.

4. Cerinţele de exploatare sunt foarte pretenţioase. Pentru a menaja cărbunii, excentricitatea permisă este foarte redusă. Aceasta nu trebue să depăşească 0,04 mm. Dacă ţinem seama că cel puţin jumătate din această excentricitate este datorită jocurilor dela paliere şi deformărilor axului, se constată că rămâne excentricitatea admisă pentru colector, numai de 0,02 mm. Aceasta se măsoară în două puncte diametral opuse pe circumferinţa colectorului. Rezultă că toleranţa excentricităţii admise în diferite puncte ale circumferinţei colectorului, nu trebue să fie mai mare de 0,01 mm. Acest lucru este destul de greu de realizat.

Cea mai delicată piesă componentă a colectorului este conul de micanită. In cele ce urmează vom descrie calculul şi fabricaţia conurilor de micanită.

Materiale. Conul de micanită lucrează la o temperatură ridicată, ajungând la 100—150 °C sub o presiune de 150—200 kg/cm. Incălzirea provine din cauza frecării periilor pe suprafaţa activă a colectorului, precum şi din cauza scânteelor de comutaţie. Presiunea este datorită lamelelor de colector şi forţelor centrifugale care apar în timpul funcţionării. Din această cauză conurile trebuind să fie rezistente la temperatură şi presiune se confecţionează din materialul electro-izolant denumit „micanită".

Micanita este un material electroizolant, în foi, obţinut prin lipirea împreună a foiţelor de mică clivată. Incleierea foiţelor de mică se face cu răşini sau lacuri electro-izolante speciale. Varietatea de micanită întrebuinţată la fabricaţia conurilor de micanită se numeşte „micanită de formare". Aceasta are proprietatea de a se înmuia la căldură şi presare într'o matriţă, şi a-şi păstra forma după răcire.

Micanita de formare se confecţionează din următoarele materiale :

1. Foiţă de mică Flogopit sau Moscovit de grosime 0,01—0,02 mm cu marginile tunse. Dacă se întrebuinţează foiţe mai groase coala de micanită se rupe la îndoire.

2. Lianţi de încleiere : răşini gliptalice rezistente la temperaturi ridicate, precum şi foiţe de şellac natural disolvate în spirt.

3. Hârtie subţire de 0,05 mm grosime din celuloză sulfitică, nealbită, cu o mare rezistenţă de rupere, denumită hârtie de telefon.

După modul de confecţionare al micanitei de formare se deosebesc următoarele tipuri : presate şi calibrate ; presate şi nepresate.

In micanitele presate, mica intră în raportul de 90—80% sau 80—70% ; lianţii 10—20% sau 20—30% având 1% substanţe volatile. Micanitele nepresate pot avea până la 8% substanţe volatile. Vom vedea în cele ce urmează, că la fabricarea conurilor de micanită este nevoie ca procentajul de materiale volatile să fie cât mai redus.

Condiţia principală ce se impune tuturor micanitelor de formare este de a se lăsa formate şi de a-şi păstra forma timp îndelungat.

Toleranţele admise în ceeace priveşte grosimea foilor de micanită de formare, faţă de grosimea nominală este de 0,06 până la 0,08 mm, iar toleranţa la anumite puncte luate la întâmplare este de 0,06 până la 0,08 mm.

Valorile medii ale rigidităţii dielectrice a diferitelor tipuri de micanită nu trebue să fie mai mică de 30—40 kV_{eff}/mm pentru cele presate şi calibrate şi 20—35 kV_{eff}/mm pentru cele presate şi 15—25 kV_{eff}/mm pentru cele nepresate.

Rigiditatea dielectrieă minimă în punctele răzlețe să nu difere de cel mult 25% față de cea medie. Pentru micanitele mai groase de 1 mm nu se face încercare la străpungere, însă materialul trebue să suporte o tensiune a cărei valoare să fie egală cu rigiditatea dielectrică medie stabilită pentru micanita de tipul respectiv de 1 mm grosime.

Rezistența specifică volumetrică a micanitei după expunere timp de 18 ore în condiții normale de temperatură și umiditate trebue să fie de cel puțin 10^{13} Ω/cm, iar dupăce micanita a stat timp de 48 de ore într'un mediu cu o umiditate relativă de 95 + 3% să fie cel puțin de 10^{12} Ω cm.

O coală bună de micanită de formare trebue să aibă următoarele calități:

1. Să nu aibă găuri care s'o străbată.
2. Să nu conțină spații de aer sau corpuri străine incluse.
3. Să nu se exfolieze.

Controlul se face după cum urmează:

Examinarea exterioară pentru stabilirea lipsei perforărilor, a spațiilor neacoperite cu mică, lipsa incluziunilor de corpuri străine, precum și neexfolierea materialului (fiecare coală luată separat).

Verificarea grosimii medii cu respectarea toleranțelor admise.

Incercări la străpungere (una coală pentru fiecare ladă).

Micanitele de formare se fac în grosimi dela 0,15 la 0,25 mm. Pentru confecționarea conurilor de colector de grosimi mai mari se suprapun mai multe straturi pentru a forma pereți mai groși.

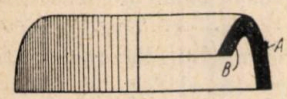


Fig. 1

Descriere. Conul de micanită izolează lamelele de aramă de inelele de strângere și de butucul colectorului. El are formă conică (fig. 1). Fețele laterale ale conului de micanită au o anumită înclinare pentru ca să se poată scoate din matrița în care se confecționează.

Lamele de colector sunt supuse în timpul învârtirii colectorului la forțe centrifugale destul de puternice și pentru aceasta, trebue bine fixate. Pentru a fi apucate și ținute, lamele de colector sunt prevăzute la partea inferioară cu niște tăieturi în formă de coadă de rândunică. Conul de micanită urmează forma lamelelor (fig. 2).

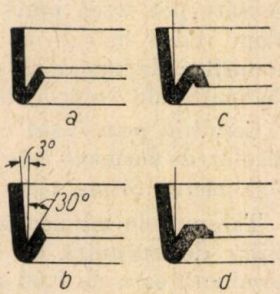


Fig. 2

Din cele de mai sus reiese că trebue să avem la conul de micanită o suprafață conică exterioară A și o față conică interioară B (fig. 1).

Experiența a dovedit că cea mai bună înclinare pentru fața exterioară este de 3°, iar pentru cea interioară 30°. Conurile mici se fac totuși, cu o față exterioară cilindrică (fig. 2 *a*).

De multe ori butucul colectorului se izolează cu un cilindru de micanită. Conurile de colector, trebue să acopere marginea acestui cilindru pentru ca să nu se producă scăpări de curent în punctele de întâlnire dintre con și cilindru. Conul de micanită va fi prevăzut cu o suprafață cilindrică resfrântă în interior (fig. 2 *c*). De multe ori resfrângerea se face numai pentru a mări rigiditatea conului, mai cu seamă pentru conurile de diametru mare. Această resfrângere este dreaptă (fig. 2 *d*).

In timpul funcționării, cea mai periclitată parte a colectorului este unghiul dintre cele două suprafețe conice. Experiența a dovedit că cele mai multe deteriorări mecanice și electrice se întâmplă mai cu seamă în acest punct. De aceea scobitura din lamela de aramă precum și cea din inelul de strângere, se fac ceva mai adânci, iar conul de micanită nu urmează exact forma acestora (fig. 3). Câteodată spațiile K și K' se umplu cu chituri izolante.

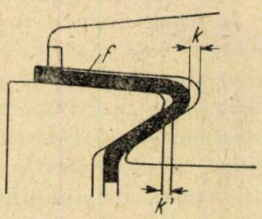


Fig. 3

Calculul și fabricarea matrițelor. Conul de micanită se confecționează într'o matriță specială. Buna reușită a fabricării conului depinde de calitatea și exactitatea matriței. Aceasta se confecționează din oțel sau fontă turnată și se prelucrează la strung.

Matrița este formată din trei piese (fig. 4).

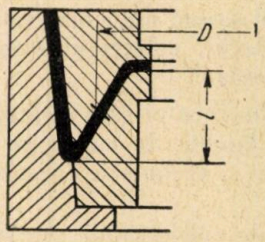


Fig. 4

Pentru a se obține conul de micanită uniform în grosime și omogen în compoziție având peste tot aceeași densitate, trebue ca distanțele între cele trei piese, pe porțiunea unde intră micanita, să fie egală în toate punctele.

Dimensiunea matriței se obține în urma unor calcule foarte minuțioase. Calculul matriței constă în determinarea coordonatelor celor două linii frânte, corespunzătoare conturului interior și exterior al conului de micanită și așezate una față de alta, la o distanță egală cu grosimea conului de micanită. Dimensiunea necesară construirii matriței este arătată în fig. 7 și 8.

Teoria calculului matriței este bazată pe următoarele formule fundamentale:

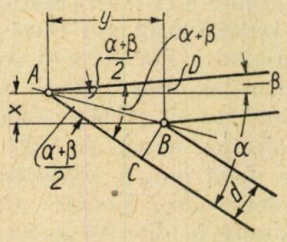


Fig. 5

1. Determinarea coordonatelor vârfurilor A și B a două unghiuri cu laturile paralele care fac cu orizontala, unghiurile α și β, distanța între laturile paralele fiind egală cu d (fig. 5).

Urmărind punctele A și B printr'o linie dreaptă, care evident este bisectoarea unghiului $\frac{\alpha + \beta}{2}$

observăm că unghiul BAD, diferența unghiurilor $\frac{\alpha+\beta}{2}$ și β este egală cu

$$\frac{\alpha+\beta}{2}-\beta=\frac{\alpha+\beta-2\beta}{2}=\frac{\alpha-\beta}{2}$$

din triunghiul ABC, se determină lungimea segmentului AB

$$AB=\frac{d}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$$

din triunghiul ABD, aflăm valorile coordonatelor X și Y

$$X=AB\sin\frac{\alpha-\beta}{2}=d\frac{\sin\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$$

$$Y=AB\cos\frac{\alpha-\beta}{2}=d\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}.$$

2. Determinarea lungimei segmentului C, intersectat cu arcul de racordare R (fig. 6).

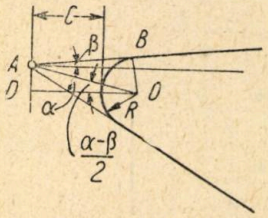


Fig. 6

Determinăm lungimea segmentului AO din triunghiul AOB prin relația :

$$AO=\frac{R}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}.$$

In triunghiul AOD latura DO, este suma dintre raza R și segmentul căutat C

$$C=\frac{R\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}-R=R\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}-1\right].$$

Cu ajutorul acestor formule se pot calcula toate dimensiunile necesare executării matriței de presare.

In tabela 1 sunt date valorile funcțiilor trigonometrice celor mai des întâlnite pentru unghiurile care se folosesc în mod curent la proectarea colectorilor. Insemnăm valoarea coeficienților cu :

$$K_1=\frac{\sin\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}\quad\text{și}\quad K_2=\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$$

se obțin datele din tabela 1.

Tabela 1

α° \ β°	2	3	6
30	$k_1=0{,}8777$ $k_2=3{,}5201$	$k_1=0{,}8219$ $k_2=3{,}4237$	$k_1=0{,}6728$ $k_2=3{,}1654$
45	$k_1=0{,}9191$ $k_2=2{,}3334$	$k_1=0{,}8811$ $k_2=2{,}2953$	$k_1=0{,}7754$ $k_2=2{,}1896$

In fig. 7 este reprezentat un con de micanită cu toate cotele necesare executării matriței de presare. Aceste cote trebue să existe neapărat în

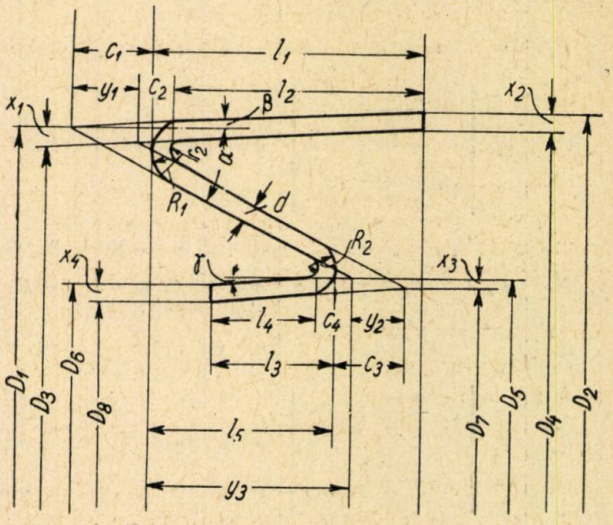


Fig. 7

desenul de execuție al matriței. Ordinea și mersul calculelor se face sub forma unui formular de calcul arătat în tabela 2, împreună cu un exemplu numeric.

Tabela 2

R_1	r_1+d	$2+2$	4
C_1	$R_1\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}-1\right]$	$4\left[3{,}4237-1\right]$	9,69
D_2	$D_1+2(C_1+l_1)\operatorname{tg}\beta$	$400+2(9{,}69+$ $+100)\ 0{,}0524$	411,50
x_1	$d\frac{\sin\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$	$2\cdot0{,}8219$	1,64
D_3	D_1-2x_1	$400-3{,}28$	396,72
x_2	$\frac{d}{\cos\beta}$	$\frac{2}{0{,}9986}$	2
D_4	D_2-2x_2	$411{,}50-2\times2$	407,50
y_1	$d\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$	$2\cdot3{,}4237$	6,85

(urmare) *Tabela 2*

C_2	$r_1\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}-1\right]$	2 (3,4237—1)	4,85
l_2	$l_1 - d$	100 — 2	98
y_2	$d\,\frac{\cos\frac{\alpha-\gamma}{2}}{\sin\frac{\alpha+\gamma}{2}}$	2·3,4237	6,85
R_2	$r_2 + d$	2·5 + 2	4,5
C_3	$R_2\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\gamma}{2}}{\sin\frac{\alpha+\gamma}{2}}-1\right]$	4,5 (3,4237—1)	10,91
y_3	$l_5 + C_3 - Y_2$	38+10,91—6,85	42,06
D_5	$D_1 - 2\,(C_1 + y_3)\,\mathrm{tg}\,\alpha$	400— 2 (9,69 + +42,06) 0,5773	340,25
l_4	$l_3 - d$	26 — 2	24
C_4	$r_2\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\gamma}{2}}{\sin\frac{\alpha+\gamma}{2}}-1\right]$	2,5 (3,4237—1)	6,06
D_6	$D_5 - 2\,(l_4 + C_4)\,\mathrm{tg}\,\gamma$	340,25—2 (24— — 6,06) 0,0524	337,10
x_4	$\frac{d}{\cos\gamma}$	$\frac{2}{0,9986}$	2
D_8	$D_6 - 2\,x_4$	337,10 — 2·2	333,10
x_3	$d\,\frac{\sin\frac{\alpha-\gamma}{2}}{\sin\frac{\alpha+\gamma}{2}}$	2·0,8219	1,64
D_7	$D_5 - 2\,x_3$	340,25 — 3,28	336,97

Calculul matrițelor de presare pentru conul fără răsfrângere interioară este mult mai simplu. In fig. 8 este arătat un astfel de con. Pe desen sunt

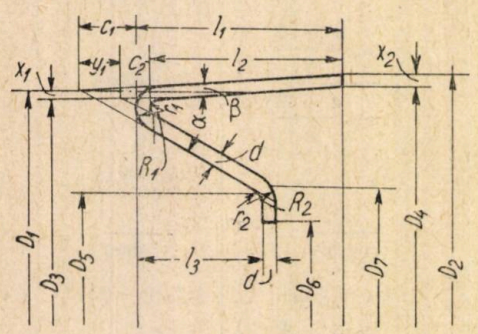


Fig. 8

date toate cotele necesare construcției matriței. Ordinea și mersul calculelor, la acest sistem de conuri, se face conform formularului de calcul arătat în tabela 3.

Tabela 3

R_1	$r_1 + d$	1,4 + 1,5	2,9
c_1	$R_1\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}-1\right]$	2,9 (3,4237—1)	7,00
D_2	$D_1 + 2\,(C_1 + l_1)\,\mathrm{tg}\,\beta$	122,47 + 2 (7+ + 28) 0,0524	126,14
x_1	$d\,\frac{\sin\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$	1,5·0,8219	1,23
D_3	$D_1 - 2\,x_1$	122,47—2·1,23	120,01
x_2	$\frac{d}{\cos\beta}$	$\frac{1,5}{0,9986}$	1,50
D_4	$D_2 - 2\,x_2$	126,14 — 2·1,5	123,14
y_1	$d\,\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$	1,5·3,4237	5,14
C_2	$r_1\left[\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}-1\right]$	1,4 (3,4237—1)	3,39
l_2	$l_1 - d$	28 — 1,5	26,5
R_2	$r_2 + d$	2 + 1,5	3,5
D_5	$D_1 - 2\,(C_1 + l_2)\,\mathrm{tg}\,\alpha$	122,4—2 (7 + + 15,5) 0,5773	96,45
D_7	$D_3 - 2\,(C_2 + l_2)\,\mathrm{tg}\,\alpha$	120,01—2(3,39+ +15,5) 0,5773	98,19

Matrița executată pentru conul de micanită fără răsfrângere interioară, este indicat în fig. 9.

Partea de jos a matriței se execută din două bucăți care se pot desface. Această construcție simplifică procesele de prelucrare și presare. Partea inferioară servește și ca aruncător, la scoaterea conului din matriță.

S'a arătat mai sus că matrița se toarnă din fontă, se forjează din oțel sau se toarnă din bucată. Ea trebue să fie rezistentă la presiunea de 250—300 kg/cm². Toleranțele admise la suprafețele conice sunt de ± 0,05 mm. Aceste suprafețe se polisează, se poleiază sau se cromează.

Pentru matrițele de serie mare, se prevăd canale de răcire rapidă prin care se trec curenți de apă sau de aer rece. Pentru conurile de micanită de diametrul foarte mare, depășind 7—800 mm precum și pentru conurile de serie foarte mică unde funcționarea unei matrițe nu este rentabilă, fabricația conurilor de micanită se face chiar pe inelele de strângere. Metoda aceasta cere

multă atenție și pregătire din partea celor care o întrebuințează.

Calculul segmenților de micanită. Micanita de formare nu este atât de elastică pentruca prin simpla presare în matriță, chiar la cald, aceasta să ia forma matriței și să obținem direct din coale de micanită, conul care ne interesează. Foaia de micanită trebue tăiată în diferite forme speciale și aranjate pe con cu multă băgare de seamă și apoi presate.

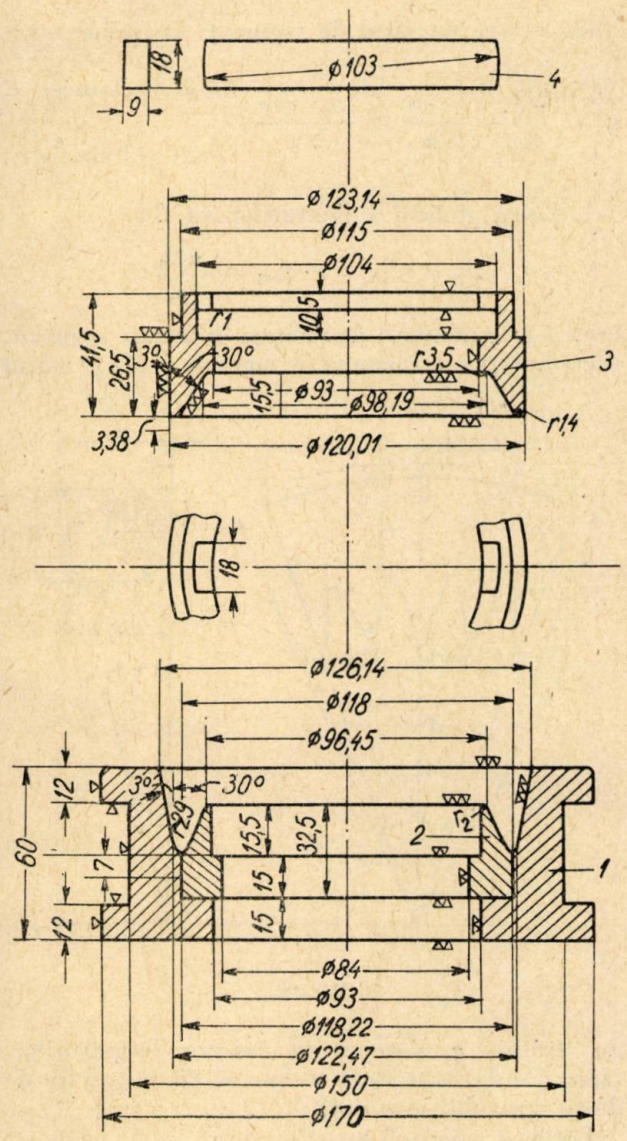


Fig. 9

Sunt mai multe sisteme de tăiere a bucăților de micanită. Unul, cel mai vechi, care a fost părăsit odată cu nevoile de fabricare a conurilor în serie mare, constă în a tăia micanita în fâșii trapezoidale, urmărind exact forma desfășurată a conului și așezate una lângă alta ca solzii unui pește, rândurile superioare acoperind pe cele inferioare ca rosturile cărămizilor. Se puneau atâtea fâșii și atâtea rânduri suprapuse, până când se ajungea la grosimea dorită. Este drept că acest con era elastic, dar prezenta multe greutăți în fabricație și era foarte scump.

Curent, micanita se taie în segmenți de forma conului desfășurat. Pentru aceasta se fac șabloane metalice speciale, după care se decupează coala de micanită.

Lungimea totală a segmentului prezintă desfășurarea completă a conului.

Dacă D_1 este diametrul conului (fig. 10) avem relația :

$$\pi D_1 = R \varphi$$

în care : R este raza segmentului desfășurat și φ unghiul acestuia.

In triunghiul ABC avem :

$$\frac{D_1}{2} = R \sin \alpha_1,$$

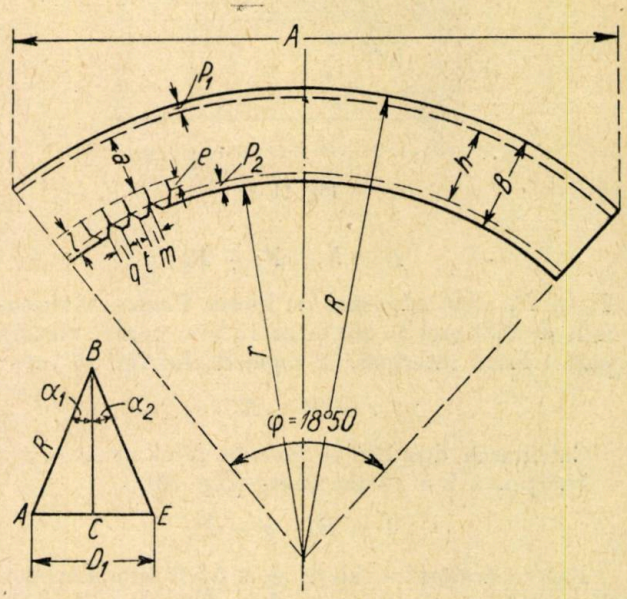


Fig. 10

înlocuind valoarea lui R în relația de mai sus avem :

$$\pi = \varphi \frac{D_1}{2 \sin \alpha_1},$$

simplificând și scoțând valoarea lui φ găsim :

$$\varphi = 2 \pi \sin \alpha_1,$$

dar $\alpha_1 = 3^0$, deci

$$\sin \alpha_1 = \sin 3^0 = 0{,}05234$$

deci

$$\varphi = 360^0 \cdot 0{,}05234 = 18^0 50'$$

cunoscând valoarea unghiului φ putem afla dependența dintre R și D_1

$$R = \frac{\pi D_1}{\varphi} = \frac{180^0 D_1}{18^0 50'} = 9{,}55 \; D_1.$$

Celelalte elemente se socotesc prin formulele reieșit din practică :

Înălțimea h (fig. 10) este :

$$h = a + c + 3{,}2 \; (r_1 + r_2) + 1{,}5 \cdot b$$

în care : a — lățimea suprafeței exterioare ;
c — lățimea răsfrângerii conului ;
r_1 și r_2 — razele de rotunjire ale manșonului ;
b — proiecțiunea suprafeței interioare a conului (fig. 11).

Înălțimea completă se calculează (fig. 10) :

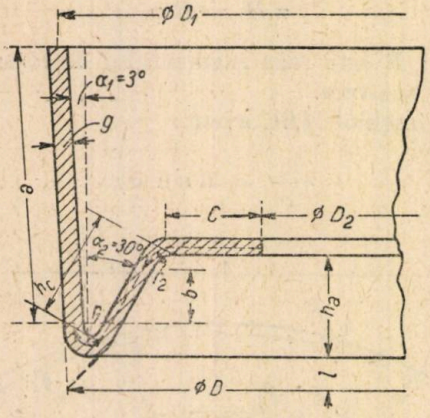


Fig. 11

$$B = h + P_1 + P_2 ;$$

P_1 și P_2 sunt adausuri de lucru. Pentru manșoanele de 300 mm se iau circa 15 mm pentru fiecare parte. Raza interioară a segmentului fig. 10 este :

$$r = R - B.$$

Calcularea dinților se face în felul următor :
Înălțimea 1 a părții tăiate (fig. 10)

$$1 = B - a - P_1.$$

Partea dreaptă a tăierii se ia 6—8 mm. Lățimea dintelui la vârf se recomandă a fi luată în limitele $m = 20—30$ mm.

Numărul de tăieturi n este :

$$n = \frac{L_2}{m}$$

L_2 este lungimea circumferinței conului după raza interioară D_2 (fig. 11) și este :

$$L_2 = \pi (D_2 - P_2 \text{ tg } 30).$$

Lățimea tăieturii este :

$$q = \frac{K}{n}$$

unde k este lungimea totală a tăieturilor

$$k = L_1 - L_2$$

L_1 este lungimea arcului segmentului de micanită după raza cea mică r_1

$$L_1 = 2\, r \cdot \frac{18°50'}{360°} = 0{,}329\, r.$$

Pentru conuri mai mari de 600 mm diametru, nu se mai fac segmenți întregi, ci bucăți de segmenți care se așează unul lângă altul în așa fel încât în nicio secțiune a conului să nu existe mai mult decât o înăditurâ.

Segmentul reprezintă suprafața desfășurată a două conuri având unghiurile la vârf de 2 α și 2 β (fig. 12).

Calculul desfășurării conului din fig. 4 folosind notațiile din fig. 12 se face după formulele :

$$R = \frac{D_2}{2 \sin \beta} ; L_1 = \frac{l_1}{\cos \beta} ; L_2 = \frac{l_2}{\cos \alpha} ; L_3 = \frac{D_5 - D_6}{2} ;$$

$$r = R - (L_1 + L_2 + L_3) ; \qquad \varphi_{rad} = \frac{\pi D_2}{n R}$$

unde n este numărul de segmenți în fiecare strat

$$\varphi^0 = \frac{\pi D_2}{n R} \cdot \frac{180°}{\pi} = \frac{D_2 \cdot 180°}{n R}$$

$$A = 2 \sin \frac{\varphi^0}{2} R$$

$$B = 2 \sin \frac{\varphi^0}{2} r .$$

Lățimea globală a tăieturilor va fi :

$$\Sigma_c = C \cdot i = r \cdot \varphi_{rad} - \frac{\pi D_6}{n},$$

unde i este numărul de tăieturi în fiecare segment, acest număr nu trebue să fie mai mic decât numărul

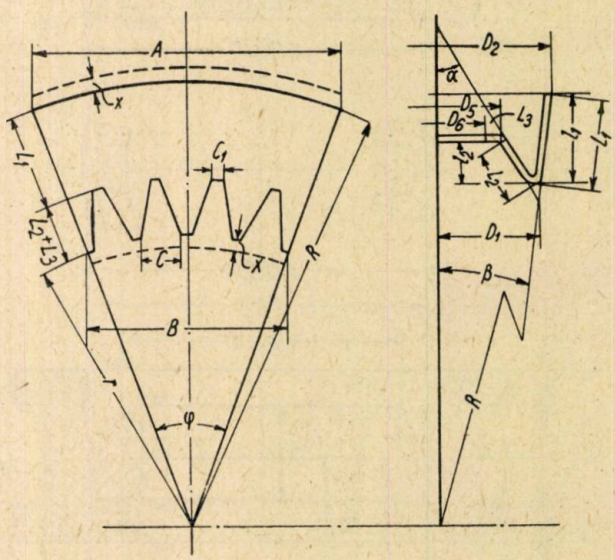


Fig. 12

de straturi q, deaceea la așezarea segmenților, tăieturile fiecărui strat trebue să fie acoperite de dinții stratului următor.

Lățimea tăieturii este :

$$C = \frac{\Sigma_c}{i}.$$

Porțiunile rectilinii C_1 se fac de 1—2 mm și servesc în cazul matrițării segmenților, pentru a mări rezistența ponsoanelor, iar în cazul tăierii cu ferestrăul panglică, pentru degajarea pânzei de ferestrău. La dimensiunile calculate ale segmentului se adaugă $x = 5 - 8$ mm, deci tăierea se face după razele

$$R + x \text{ și } r + x.$$

Segmenții se taie mai mulți deodată cu ajutorul unui șablon din tablă. Șablonul se calculează ca

și segmenții de micanită cu aceleași formule arătate mai sus.

Calculul greutății conului. Greutatea conului de micanită se calculează cu ajutorul formulei:

$$G = s \cdot g \cdot y \cdot n$$

în care: G — greutatea conului de micanită în kg;
s — suprafața segmentului în decimetri pătrați;
g — grosimea micanitei în decimetri;
y — greutatea specifică a micei se ia 2,5—2,6;
n — numărul de segmenți întrebuințați.

Calcularea presiunii. Conul de micanită trebue să fie bine presat căci altfel va ceda sub presiunea lamelelor de colector și se va deteriora.

Lamelele exercită presiunea pe suprafața interioară a conului (30°) de aceea pe această față se calculează presiunea de fabricație a conului.

Dacă însemnăm cu D_m diametrul mediu al conului

$$D_m = D - 2\left[\left(\frac{h_c}{2} + l\right) \operatorname{tg} \alpha_2 + g\right]$$

în care: h_c — înălțimea suprafeței conice interioare;
α_2 — 30° C;
g — grosimea conului de micanită.

Suprafața conică care ne interesează este:

$$S = D_m \, h_c \operatorname{tg} \alpha_2$$

iar presiunea

$$P = 250 \cdot S \text{ în kg}$$

pentru conurile mai mari se ia

$$P = 350 \cdot S \text{ în kg.}$$

Fabricația conului de micanită. De îndată ce am pregătit matrița de presare și șablonul de tăiat micanita, putem începe fabricația conului de micanită. Aceasta rămâne totuși o operație delicată în deosebi la colectorii la care micanita este supusă la îndoiri cu curburi de rază mică.

Prima operație este tăierea coalei de micanită în segmenți. Pentru aceasta se fac pachete de micanită, se strâng în dispozitive speciale, care le unește una lângă alta și apoi se taie cu ajutorul ferestrăului în bandă, pe urmele șablonului.

Segmenții tăiați, în funcție de liantul cu care a fost fabricată micanita, se încălzește mai mult sau mai puțin, pe o plită electrică.

Intre timp se unge matrița cu un amestec de vaselină cu praf fin de mică, spre a aluneca mai bine la scoaterea conului de pe matriță, când acesta va fi gata.

Se mai poate unge matrița cu un amestec de 40% parafină cu 48% talc și restul cu ulei de mașină. Forma se pudrează însă cu praf de mică.

Inaintea primului segment de micanită se înfășoară matrița cu 1—2 segmenți de hârtie, tot pentru ca să se poată scoate conul cu mai multă ușurință. Se așează apoi segmenții de micanită, se îndoaie colțurile după forma matriței. Pentru ca să nu se desfacă în timpul lucrului se leagă cu o bandă de bumbac, spre a se putea pune straturile superioare. Se aranjează straturile unul peste altul până se ajunge la grosimea cerută, ținându-se seama de presările ulterioare și de variațiile ce apar în timpul coacerii. Se netezesc bine suprafețele pentru ca să nu rămână pachete de aer între straturi. Cusăturile dintre straturi să nu fie una în dreptul celeilalte, pe secțiunea unui con să nu fie într'un loc mai mult decât o singură cusătură.

Câteodată și mai cu seamă pentru conurile mari se încălzește și matrița în prealabil, pentru ca segmenții să fie tot timpul lucrului destul de moi și să se poată forma cu mai multă ușurință.

Pentru fabricația în serie mare, se fac forme metalice, și chiar din lemn, de felul matriței inferioare în care se montează segmenții și apoi se scot pentru presarea definitivă în matrița construită după cum am arătat mai sus. Aceste forme se fac din material mai subțire.

După ce toți segmenții au fost așezați, se pune partea superioară a matriței și se presează. Presarea se face la o presă hidraulică iar după presare se face coacerea. Pentru fabricația în serie mică coacerea se face după liant, între 2 și 4 ore și se încălzește dela 150—200° C. Coacerea se face într'un cuptor încălzit electric (fig. 13). Acesta funcționează cu circulație de aer cald. Suportul matrițelor este montat pe un cărucior care se poate scoate afară pentru a fi încărcat și descărcat. Pentru instalațiile mari, căruciorul este acționat electric.

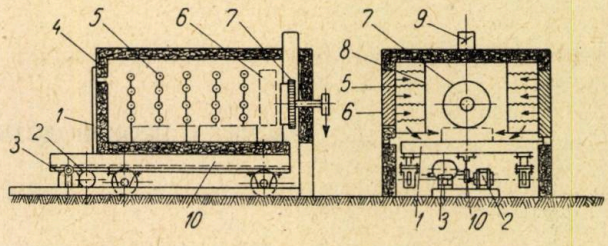


Fig. 13

După ce conurile au fost coapte se scot matrițele și se presează din nou la presa hidraulică și apoi se răcesc cu un curent de aer sau de apă după construcția matriței. Răcirea rapidă a conului mărește producția în cazul fabricației de serie mare.

In timpul coacerii, gazele volatile se evaporă și se elimină printre marginile celor două jumătăți ale matriței. Este bine ca să fie cât mai puține gaze volatile în material pentru ca să nu se producă băsici în conuri.

In general o micanită bogată în gaze volatile dă un con moale, iar cea săracă în gaze volatile dă un con mai dur. Conurile dure sunt mai rezistente, dar trebue prelucrate foarte exact. Conurile moi sunt elastice și se montează cu mai multă ușurință. Pentru conurile importante se prelucrează micanita în astfel de condițiuni, încât suprafața interioară a conului (30°) să fie dură, iar suprafața exterioară (3°) să fie moale. In a-

ceste condiții conurile vor fi și flexibile și rezistente la presiuni și la clacaj.

După ce matrița s'a răcit, se taie marginile eșite ale conului cu o daltă, la nivelul bordurei matriței și apoi se scoate afară. După scoatere, conul se curăță, mai întâi cu mâna smulgând toate urmele de hârtie și mică desprinsă și apoi cu hârtie emery. După ce conul a fost bine lustruit, el se vopsește cu lac izolant, care împiedecă pătrunderea umezelii în con.

Controlul. Controlul conului de micanită, după fabricație, se face după cum urmează :

1. Controlul general după aspectul exterior pentru ca să nu fie :

a) margini sparte ;

b) desprinderi de mică ;

c) desfacerea straturilor de micanită ;

La lovire conul bun are un sunet răsunător, cristalin.

2. Controlul grosimii cu ajutorul micrometrului. Măsurarea se face în 5—10 puncte și toleranțele admise sunt :

$\pm$ 0,01 mm la grosimea pereților ;

0,2—0,3 mm pentru diametre.

3. Controlul densității trebue să fie 2,5—2,7.

4. Controlul electric : Conul trebue să reziste un minut la o tensiune de 7 kV.

Proba se face prin una din următoarele metode :

a) în electrozi de bronz fabricați la fel ca și matrița de strângere, însă cu pereții mai subțiri pentru a se reduce greutatea ;

b) cu alice mici metalice ținând loc de electrozi ;

c) în baie de mercur, ținând loc de electrozi.

Controlul cu alice și cu mercur se face numai la vârfurile conice, adică acolo unde conul trebue să fie mai rezistent.

Am arătat în cele de mai sus, cât de pretențioasă este fabricația conurilor de micanită, explicându-se astfel de ce s'a căutat eliminarea acestora din construcția mașinilor de curent continuu.

La începutul secolului s'au făcut încercări pentru a se desvolta mașina de curent continuu unipolară fără colector. Acesta prezenta atâtea inconveniente încât a fost abandonată.

S'a încercat apoi să se renunțe la izolamentul de micanită și să se introducă între lamelele de colector, precum și între acestea și corpul colectorului, materiale plastice rășinoase. Până în prezent nu s'a reușit decât la colectoarele mici cu diametre sub 50 de mm.

Până atunci vom continua să construim conuri de colectoare prin metoda expusă mai sus.

Bibliografie

Moskovski M. I. Technologia construcției mașinilor electrice.

Piotrovski I. M. Mașini electrice.

Suchurocov F. T. Tehnologia bobinajului și izolației.

Koriţchi I. V., Tareev M. B. Indreptar pentru materiale electroizolante.

Vinogradov N. V. Technologia mașinilor electrice.

★

РАСЧЕТ И ПРОИЗВОДСТВО МИКАНИТОВЫХ КОНУСОВ

Резюме

Во многих случаях, машина постоянного тока не может быть заменена, несмотря на то что в борьбе между постоянным током и переменным током первый из них потерял много.

В конструкции машины постоянного тока, самой деликатной деталью коллектора является миканитовый конус.

В этой статье описывается расчет и производство миканитовых конусов.

★

PROTECȚIA REȚELELOR DE CABLE SUBTERANE IMPOTRIVA COROZIUNII

Conf. G. MOISIL

O trecere în revistă a diferitelor metode folosite pentru protecția cablelor împotriva coroziunii, analizându-se avantajele și dezavantajele fiecărei metode. O importanță deosebită prezintă metodele de protecție prin surse electrice exterior aplicate pe sol, acestea fiind considerate printre cele mai eficace și în același timp și mai economice.

Cablele subterane pot fi apărate împotriva degradării în urma proceselor corozive, prin folosirea unei protecții adecuate și studiată în mod științific.

Procesele corozive din sol, spre deosebire de marea majoritate a problemelor ce se pun tehnicienilor, au un aspect extrem de complex, îmbrăcând în același timp un caracter electric și chimic, iar mersul lor e controlat de un număr foarte mare de parametri variabili, atât din punct în punct, cât și în timp.

Cel chemat să aplice o protecție satisfăcătoare, trebue să aibă o concepție limpede asupra condițiilor fizico-chimice, în care se desfășoară procesele corozive și o măestrie în evaluarea importanței diverșilor parametri implicați.

In articolul de față ne propunem să expunem principiile protecției cablelor subterane împotriva coroziunii, trecând apoi în revistă metodele mai importante folosite în practică. Pentru cititorul neinițiat, este recomandabil ca lectura acestui articol să fie precedată de consultarea lucrărilor referitoare la teoria fenomenelor de coroziune în sol și la tehnica măsurătorilor de curenți de dispersie.

In acest domeniu există o bogată literatură sovietică din care cităm în primul rând lucrările cercetătorilor Achimov (1), Pritula (2), Calman (3). Deasemenea s'au publicat în acest domeniu mai multe articole în limba română (5), (6), (7).

Cablele corodează în sol, în urma unui proces electrochimic. Acest proces apare, ori de câte ori potențialul electric pe suprafața de separație cablu-sol, este neomogen distribuit. Distribuția neomogenă a potențialului poate rezulta din următoarele cauze :

a) Formarea de elemente galvanice microscopice (numite și elemente locale sau microelemente) pe suprafața cablului în contact cu solul, datorită structurii neomogene a aliajului din care este constituită cămașa cablului.

b) Cablul formează în sol, împreună cu o altă construcție confecționată din alt metal, un element galvanic de mari dimensiuni (macroelement), în care cablul are funcțiune anodică.

c) Neomogeneitatea concentrației ionilor sau a gazelor difuze în electroliții din sol, pe suprafața de separație dintre cablu și sol, dă naștere la elemente de concentrație sau cu gaz.

d) Prezența unui câmp de curenți de dispersie (vagabonzi) produs de rețelele de tracțiune electrică în curent continuu, sau de rețelele de alimentare în curent continuu, poate provoca distrugerea cablelor, printr'un fenomen de electroliză.

Mulți tehnicieni obișnuesc să cuprindă primele trei tipuri de coroziune sub numele de atac chimic, rezervând denumirea de coroziune electrochimică numai pentru cea produsă de curenții de dispersie. Această părere este cu totul greșită. Coroziunea metalelor în sol este totdeauna de natură electrochimică, fenomenul chimic neputând fi separat de cel electric. Coroziunea metalelor în sol reprezentând în toate cazurile migrarea unui flux de cationi din rețeaua cristalină a metalului în sol, fenomenul este controlat de întregul ansamblu de parametri electrici și chimici.

Un al doilea punct, care trebue lămurit dintr'un început este marea variabilitate în timp a condițiilor din sol. Solul este un mediu în permanentă schimbare. Rezistivitatea lui poate varia între limite extrem de largi, în primul rând în funcție de umiditate și temperatură. Scurgerea apei de ploaie poate creia zone temporare de mică rezistivitate, care odată cu încetarea ploilor își pierd calitățile conductoare. Distribuția curenților de dispersie este în continuă transformare, datorită atât evoluției repartiției zonelor de mică rezistivitate, cât și a modificărilor continue în încărcarea rețelei de tracțiune sau a continuității șinelor. Solul are deasemenea o acțiune distructivă asupra compușilor folosiți pentru izolarea cablelor, făcând să varieze în timp proprietățile acestora. Orice protecție reprezintă așa dar, o soluție valabilă numai în momentul instalării. Pentru ca să fie eficientă și în timp, ea trebue ajustată periodic, în funcție de modificările suferite de condițiile din sol.

Protecția cablelor împotriva coroziunii are așa dar drept obiect, frânarea pe întreaga suprafață de contact între metal și sol a unor procese electrochimice determinate de parametri variabili în timp.

In general protecția contra coroziunii nu poate înlătura complet coroziunea unei rețele, ci reduce doar probabilitatea perforărilor. Eficacitatea metodei folosite, trebue raportată la întreaga rețea protejată, căci de multe ori aplicarea limitată a unei protecții, poate elimina pericolul într'o anumită zonă, deplasându-l însă, în alte zone. Deasemenea protejarea unei rețele poate pune în pericol celelalte rețele învecinate.

Protecția cablelor subterane poate fi atinsă pe următoarele căi :

a) înlăturarea într'o măsură cât mai mare a cauzelor, care produc migrarea cationilor din rețeaua cristalină a metalului în sol ;

b) întroducerea în sol a unui sistem de surse de curent, care să modifice în mod convenabil repartiția potențialului pe suprafața de separare cablu-sol.

In principiu, este bine să se combine mai multe metode protective. Totuși, acest lucru nu trebue făcut la întâmplare, ci ținând seama de influențele reciproce ale diferitelor metode aplicate. Deasemenea rețeaua, care urmează a fi protejată nu trebue considerată izolat, ci trebue avut în vedere că solul împreună cu toate construcțiile metalice subterane, constitue un singur conductor eterogen.

PROTECȚIA PRIN ELIMINAREA CAUZELOR COROZIUNII

Aplicarea metodelor din această grupă necesită cunoașterea amănunțită a condițiilor din solul din vecinătatea rețelei ce dorim să protejăm. Este mult mai ușor ca aceste măsuri să se ia concomitent cu construcția rețelei decât să se aplice la rețele gata pozate.

Dintr'un început trebue făcută o distincție netă între două feluri de zone bine definite :

a) zone lipsite de curenți de dispersie ;
b) zone străbătute de curenți de dispersie.

In zonele din prima categorie, coroziunile se datorează formării de elemente de coroziune galvanice, de concentrație sau cu gaz. Pentru a putea proteja cablele în astfel de zone, este necesar să se cunoască mai întâi agresivitatea solului prin determinări de *p*H, să se execute măsurători de rezistivitate în diferite anotimpuri, precum și analize chimice ale solului. Pe baza acestor date se stabilește cât de puternică trebue să fie protecția acordată. Studierea solului ne va arăta deasemenea regiunile în care solul e infectat cu ape mume, dela diferite industrii, deșeuri dela abatoare, infiltrații din canale colectoare, etc.

Dacă agresivitatea condițiilor din sol este redusă, protecția poate fi rezolvată prin tragerea cablelor în conducte, sau prin acoperirea lor cu învelișuri izolante obișnuite. In zonele, în care condițiile sunt foarte agresive—mlaștini, terenuri sărate — învelișul va trebui întărit. Prin măsuri luate la proiectare și instalare se va putea evita accesul apelor infectate sau chiar înlocui anumite părți din sol, nesănătoase.

In zonele în care se află curenții de dispersie problema are alt aspect.

Câmpul electromotor, care produce fenomenele corozive se compune din suprapunerea câmpului produs de elementele de coroziune și câmpul de curenți de dispersie. Acesta din urmă este cu mult mai puternic decât primul. Câmpul de dispersie este deci, cel care hotărăște zonele anodice și catodice suprimând funcționarea elementelor de coroziune.

Acest lucru trebue bine înțeles. Mulți practicieni obișnuesc să creadă că acțiunile „chimice"—în fapt elementele de coroziune—continuă să se exercite simultan cu atacul prin curenții de dispersie. In realitate, câmpul de dispersie fiind covârșitor, în zonele catodice datorite curenților de dispersie nu are loc coroziunea prin elemente locale, iar în zonele anodice coroziunea are loc întotdeauna, indiferent de existența sau absența elementelor locale.

Ori de câte ori se aplică metode de protecție, care tind să înlăture cauzele care produc coroziunea, este necesar să se cunoască deci, dacă e vorba de o zonă cu curenți de dispersie sau nu, întrucât este inutil să se încerce eliminarea unor cauze, când efectele corozive sunt produse de alte cauze.

REDUCEREA NUMĂRULUI ELEMENTELOR LOCALE DE COROZIUNE PRIN FOLOSIREA DE INVELIȘURI IZOLANTE

Cablele îngropate direct în sol, sunt cele mai expuse, întru cât pe de o parte, contactul metalului cu electrolit i din sol permite funcționarea microelementelor galvanice, datorite structurii neomogene a metalului, iar pe de altă parte variațiile de concentrație ale ionilor și mai ales *variația concentrației oxigenului* pe suprafața metal-sol dă naștere la elemente de coroziune de concentrație sau prin aerație diferențială. Folosirea unui înveliș izolant interpus între cablu și sol, va opri funcționarea elementelor de coroziune în toate punctele, în care învelișul este continuu, aderent și lipsit de pori.

Invelișul izolant poate fi un film invizibil de oxid sau de sare a metalului, desvoltat natural sau artificial, un strat de unsoare de grosime de câțiva milimetri sau un strat gros de iută sau hârtie îmbibată cu un compus de petrol, asfalt sau gudron.

Condițiile principale pe care trebue să le îndeplinească orice înveliș indiferent de grosime, sunt : lipsa de porozitate, aderența și stabilitatea în timp a proprietăților. Dintre învelișurile care au dat cele mai bune rezultate, se poate cita folosirea unui strat de câțiva milimetri grosime, format dintr'o emulsie de o parte silicat de sodiu și șapte părți vaselină de petrol. Emulsia se aplică pe cablu la pozare.

Invelișurile folosite cel mai mult constau din o serie de straturi suprapuse de hârtie, iută sau pânză înnecată în asfalturi, bitumene sau gudroane. Compusul organic folosit nu trebue să conțină antracen, fenoli sau acizi organici, aceste substanțe având o acțiune periculoasă asupra plumbului. Condițiile de plasticitate trebue riguros respectate. Un compus prea fluid nu se va putea menține pe toată suprafața, ci va suferi o curgere lentă, pe când un compus casant va permite infiltrarea ușoară a apei din sol. Astfel de învelișuri se aplică deobicei, în fabrică. Folosirea de învelișuri executate pe șantier, odată cu pozarea cablelor, nu e recomandabilă.

Invelișurile prezintă în general în momentul instalării, calități izolante excelente. Totuși studii amănunțite efectuate asupra unui număr mare de compuși, au arătat că după câțiva ani, toți aceștia devin mai mult sau mai puțin permeabili.

Pentru a se menține învelișul protector cât mai aderent pe suprafața cablelor, se obișnuește armarea acestora cu panglici sau fire de oțel. Armarea mărește rezistența mecanică și sporește durabilitatea învelișului.

S'au folosit deasemenea învelișuri protectoare formate din materialele termoplastice, precum și învelișuri de cauciuc natural sau sintetic. Deasemenea s'au făcut încercări de izolare prin învelire în pânză cauciucată vulcanizată pe loc, la pozarea cablului,

Toate învelișurile izolante sunt utile în măsura în care ele interzic funcționarea elementelor de coroziune de pe suprafața de separație cablu-sol. Ele nu realizează însă izolarea electrică a întregului cablu față de sol, deoarece pe suprafața învelișului există întotdeauna sgârieturi sau pori, în care se infiltrează electroliții din sol. Este deci greșită părerea, că un cablu prevăzut cu un înveliș „izolant", este scos de sub acțiunea curenților de dispersie.

Dimpotrivă coroziunea prin curenții de dispersie, poate fi accelerată prin învelirea cablelor. In adevăr, curenții de dispersie sunt colectați de cabl în anumite regiuni — zone catodice — și restituiți solului în alte regiuni — zone anodice.

Dacă în zonele anodice cablul este învelit, curentul se va concentra pe suprafețele extrem de mici, în care izolamentul este deteriorat, provocând densități de curent enorm de mari. In aceste puncte se va produce perforarea cablului în adâncime, într'un timp foarte scurt. In consecință, învelirea cablelor în zonele anodice este periculoasă. Dacă însă pe lângă învelirea cablelor se prevede și o protecție prin drenaj, folosirea de învelișuri devine din nou indicată, așa cum vom vedea mai departe.

REDUCEREA NUMĂRULUI ELEMENTELOR DE COROZIUNE PRIN TRAGEREA CABLELOR IN CONDUCTE

Din paragraful precedent a reieșit că rolul învelișurilor nu constă, atât în *izolarea electrică* a cablelor, ci mai ales, în crearea de condiții omogene pe suprafața metalului.

O altă metodă de creare de condiții omogene pe suprafața cablului o constitue tragerea cablelor neizolate în conducte.

Această metodă este foarte eficace împotriva coroziunii prin elemente de aerație diferențială sau de concentrație, deoarece condițiile în interiorul conductelor sunt suficient de uniforme. In special pentru rețelele din interiorul orașelor, tragerea cablelor în conducte este foarte recomandabilă, deoarece măsurătorile se pot face cu ușurință la camerele de tragere, fără să mai fie necesară desfacerea pavajului. Deasemenea, cablele trase în conducte nu sunt supuse pericolului de concentrare a curentului în anumite puncte, așa cum se întâmplă în cazul cablelor învelite.

Conductele pentru cable se construesc deobicei din argilă vitrificată. Conductele de beton nu sunt indicate deoarece betonul fiind poros, apele subterane se pot infiltra cu ușurință. Prin trecerea apelor prin beton, mai ales dacă acesta nu e bine uscat, ele disolvă hidratul de calciu liber, care exercită o acțiune nocivă asupra plumbului. Calitatea conductelor de beton poate fi ridicată prin ungerea lor în interior cu un strat de bitumen.

Un alt tip de conducte de beton, care au dat rezultate satisfăcătoare îl constitue conductele de beton monolite turnate pe loc, direct în săpătură.

Indiferent de tipul conductelor, trebue dată o atenție deosebită încheierii, care trebue să asigure o etanșeitate cât mai bună.

REDUCEREA CURENȚILOR DE DISPERSIE PRIN LUARE DE MĂSURI ASUPRA LINIEI DE TRACȚIUNE ELECTRICĂ

In zonele străbătute de curenți de dispersie, protecția urmărește reducerea acestora la valori cât mai mici. In general, câmpul de dispersie nu poate fi suprimat în întregime, așa încât măsurile de reducere a curenților de dispersie trebue completate cu o protecție prin drenaj.

Intensitatea câmpului de curent de dispersie poate fi foarte mult redusă luând o serie de măsuri asupra liniei de tracțiune electrică în curent continuu, care creează acest câmp.

Aceste măsuri căzând în sarcina întreprinderilor, care exploatează linia de tracțiune, ele sunt deobicei consemnate în prescripțiuni obligatorii, pentru aceste întreprinderi. In R. P. R. totalitatea acestor măsuri sunt cuprinse în standardul de stat STAS—833—49, care cuprinde condițiile pe care trebue să le satisfacă o linie de tracțiune în curent continuu pentru a produce un câmp de dispersie cât mai redus.

Studiul teoretic al dispersiei curentului în sol, ne arată că acești curenți sunt cu atât mai slabi cu cât conductivitatea șinelor este mai bună (4). Deasemenea o rezistivitate mare a solului din jurul șinelor are drept rezultat o scădere a dispersiei curentului. Dimpotrivă întreruperea continuității șinelor, are drept efect crearea de câmpuri intense în vecinătatea rupturilor șinelor.

Rupturile șinelor constitue puncte în care întregul curent ce circulă în șină dispersează în sol, producând gradiente de potențial însemnate.

Buna continuitate și marea conductanță a șinelor se realizează prin sudarea electrică a șinelor și prin eclisarea lor electrică transversală. Rezultate deosebit de bune se obțin prin sudarea șinelor prin presiune, după procedeul elaborat de Prof. Ing. Mikloși. Menținerea conductanței și continuității este legată, atât de construcția corectă a căii de tracțiune, cât și de întreținerea ei periodică. Rupturile șinelor se vor eclisa imediat cu eclise electrice. In scopul evitării diferențelor de potențial dintre cele două șine se recomandă eclisarea transversală între șinele aceleiași căi, precum și între căi.

Rezistența patului șinei este un parametru deasemenea important, el contribuind la reducerea curenților de dispersie. Fundațiile de beton obișnuit nu sunt cele mai indicate, deoarece betonul este poros. Dimpotrivă o fundație de pietriș, bine drenată hidraulic, permite menținerea uscată a subasmentului căii. In Republica Polonă s'au folosit cu succes fundații de beton asfaltic impermeabil.

O măsură deosebit de eficace, asupra căreia vom insista mai mult, o constitue corecta amplasare și dimensionare a *cablelor de întoarcere* ale liniei de tracțiune.

In scopul de a asigura circuitului de întoarcere al liniei de tracțiune o rezistență electrică mai redusă, se obișnuește să se lege șinele la substații prin cable de întoarcere. In marea majoritate a rețelelor de tracțiune electrică, polul pozitiv al generatoarei se leagă la firul aerian, iar polul negativ la cablele de întoarcere. Ne vom referi numai la acest mod de

conexiune la polii generatoarei, el fiind cel mai răspândit.

In acest caz punctele în care cablele de întoarcere se sudează la șină devin *puncte de absorbție* a curentului din sol.

Să presupunem o linie de tracțiune (fig. 1) încărcată cu $n = 8$ vagoane automotoare și prevăzută cu un singur cablu de întoarcere. Dacă fiecare

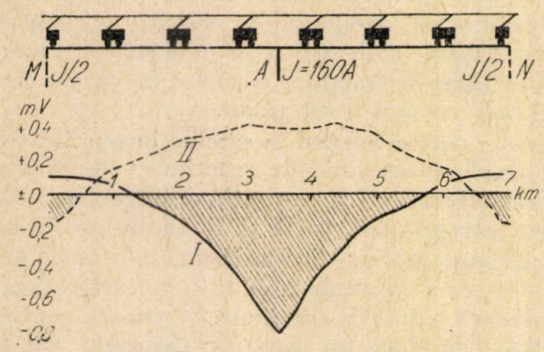


Fig. 1.

Curba I: Variația dealungul liniei a tensiunii cablu-sol, în cazul când linia de tracțiune este echipată cu un singur cablu de întoarcere în punctul *A*.

Curba II: Variația dealungul liniei, a tensiunii cablu-sol, în cazul când linia de tracțiune e echipată cu două cable de întoarcere în punctele *M* și *N*. Zonele anodice sunt haşurate.

automotor introduce un curent I, prin cablul de întoarcere se va scurge spre substație curentul $J = nI$. Să considerăm un cablu subteran oarecare, paralel cu linia de tracțiune, așa cum se arată în figură. Se demonstrează (8), că densitatea curentului j ce se schimbă între cablul subteran și sol este dată de relația :

$$j(x) = \lambda_0 (x_0 - x) J - \sum_{j=1}^{j=n} \lambda_j (x_j - x) I_j \quad (1)$$

în care λ este un coeficient ce depinde de structura solului și de diferența $(x_j - x)$ dintre abscisa x_j a sursei respective și abscisa x a punctului de pe cablul subteran, în care cercetăm efectele corozive. Coeficientul λ scade cu cât crește $(x_j - x)$. Pentru punctele de pe cablu din vecinătatea punctului în care este conexat cablul de întoarcere,

$$\lambda_0 J > \Sigma \lambda_j I_j \quad (2)$$

In această regiune curentul *iese din cablu în sol*, îndreptându-se spre cablul de întoarcere. Totalitatea punctelor de pe cablul subteran, pentru care este valabilă relația (2) constitue *zona anodică* sau zona de coroziune. Dimpotrivă pentru punctele îndepărtate de conexiunea cablului de întoarcere avem :

$$\lambda_0 J < \Sigma \lambda_j I_j \quad (3)$$

Densitatea de curent j va fi negativă, deci în toate punctele în care este valabilă relația (3) curentul *intră din sol în cablu*. Aceste puncte formează *zona catodică*, sau zona protejată. Cele două zone sunt separate printr'o suprafață, pe care densitatea de curent este nulă. Datorită deplasării automotoarelor și variației sarcinii lor, acestă suprafață nu are o poziție fixă, ci se deplasează pe o anumită zonă, care capătă alternativ polarități contrarii. Această zonă — *zona alternantă* — este cu atât mai îngustă, cu cât densitatea de trafic a automotoarelor este mai mare.

Coroziunea cablelor este cu atât mai violentă, cu cât densitatea curentului j în zonele anodice este mai mare și cu cât aceste zone sunt mai întinse. Reducerea densității de curent j și micșorarea întinderii zonelor anodice poate fi realizată prin multiplicarea numărului cablelor de întoarcere și corecta lor așezare.

Acest lucru apare limpede din exemplul arătat în fig. 1.

In diagrama din această figură se arată în curba I, variația tensiunii dintre un cablu oarecare și sol, în cazul când linia de tracțiune e prevăzută cu un singur cablu de întoarcere conexat în punctul A.

Să presupunem acum că în locul unui singur cablu așezat în centrul liniei, se folosesc două cable așezate la cele două extremități ale liniei (M și N). Vom considera aceste cable astfel dimensionate încât, prin fiecare din ele să circule un curent $J/2$.

Vor apare în acest caz, așa cum se vede în curba II, două zone anodice, câte una în jurul fiecărui cablu. Datorită însă faptului, că fiecare cablu absoarbe numai jumătate din curentul total introdus J, tensiunea cablu-sol se reduce și ea.

După cum se observă prin compararea curbei I cu curba II, folosind două cable de întoarcere, tensiunea scade la o optime. Lungimea zonelor anodice este deasemenea micșorată.

Concluzia practică ce se poate trage va fi deci : folosirea unui număr suficient de cable de întoarcere, constitue un mijloc eficace de protecție a rețelelor de cable învecinate.

Efectul protectiv poate fi ameliorat prin corecta amplasare și dimensionare a acestor cable de întoarcere.

Este indicat să se conexeze cablele de întoarcere în punctele cele mai încărcate ale rețelei de tracțiune. Prin aceasta, se realizează întoarcerea direct la substație a unei părți importante din curentul introdus de automotoare.

In ceeace privește dimensionarea cablelor de întoarcere, se recomandă ca ea să fie astfel făcută, încât curentul absorbit de cablele de întoarcere să fie aproximativ egal cu cel introdus în aceleași puncte prin firul aerian al liniei de tracțiune. Pentru ajustarea curentului la aceste valori, se introduc la substație rezistențe de reglare în serie cu cablele de întoarcere.

Corecta funcționare a cablelor de întoarcere este strâns legată de buna lor instalare și întreținere. Cablele de întoarcere se vor conecta prin sudură la toate șinele căii. Legătura între conexiunea la șină și cablul de întoarcere propriu zis, se va face printr'un separator.

Legătura cablului la substație se face deasemenea prin intermediul unui separator, intercalându-se și un ampermetru. Rostul separatoarelor este de a permite măsurarea izolamentului cablului față de sol. Atât separatorii, cât și legătura cablului la

barele substației, precum și însăși barele substației, vor fi izolate față de pământ. Izolarea cablelor față de sol trebue verificată periodic, conform unui program organizat, iar la ivirea defectelor, trebue luate imediat toate măsurile de înlăturare a deranjamentelor.

PROTECȚIA PRIN SURSE ELECTRICE SUPLIMENTARE

Protecția prin surse suplimentare poate fi realizată prin protecția catodică sau prin drenaj. Protecția catodică este folosită în zonele în care nu există curenți de dispersie (9) pe când drenajul se aplică în zonele străbătute de curenți de dispersie (10).

Protecția catodică

Fie un cablu pozat într'un sol fără curenți de dispersie. Datorită elementelor de coroziune galvanică, de concentrație sau de aerație diferențială, pe suprafața cablului vor apare zone anodice și zone catodice. Intre aceste zone se stabilește o circulație de curent prin sol și anume curentul iese din cablu în sol în zonele anodice și intră din sol în cablu în zonele catodice.

Să conectăm printr'o legătură metalică izolată cămașa de plumb a cablului cu o bară de magneziu deasemenea îngropată. Se formează un macroelement :

Plumb | Sol | Magneziu

în care plumbul are funcțiune catodică, iar magneziul funcțiune anodică. Potențialul plumbului devine în acest caz superior potențialului magneziului cu circa 1 V. Funcțiunea catodică în macroelement a suprafeței cămășii de plumb, covârșește acțiunea microelementelor de coroziune. Prin aceasta, întreaga suprafață a plumbului rămânând catodică în raport cu solul, cablul este protejat (fig. 2).

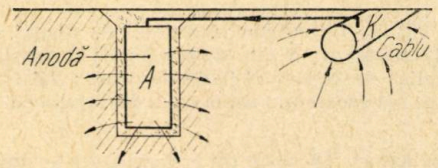


Fig. 2.
Instalație de protecție catodică prin anode reactive.

Acest mod de protecție se numește protecție catodică prin anode reactive.

Anodele constau în mod obișnuit din cilindri de magneziu de 10 cm diametru și 50 cm lungime. Magneziul este turnat în jurul unui miez de fier tubular.

Anodele se îngroapă la distanță de circa 3 m de cablu în gropi cilindrice. Intre sol și anode se pune un strat de gips hidratat și bentonită, amestecat eventual cu sulfat de sodiu în scopul de a scădea rezistența de contact dintre anodă și sol.

Desimea anodelor depinde de mărimea curentului necesar protecției. Acesta este cu atât mai mic, cu cât cablul este mai bine izolat față de sol. Se vede deci, că prin combinarea protecției prin izolare cu protecția catodică, se poate obține o apărare mulțumitoare a cablelor împotriva coroziunii.

Potențialul catodic poate fi obținut, nu numai dela un macroelement, ca în cazul protecției prin anode reactive, ci și cu ajutorul unor surse de curent continuu. Natura acestor surse depinde de condițiile specifice regiunii. Ele pot consta din redresori sau comutatrice, grupuri electrogene mișcate de motoare cu gaz sau produse petrolifere, generatori eolieni, etc. Polul pozitiv al sursei se leagă la cablu, iar polul negativ la anode speciale așezate în apropierea cablului (fig. 3). Anodele se

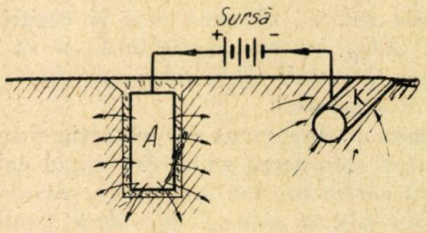


Fig. 3.
Instalație de protecție catodică alimentată prin sursă exterioară.

confecționează fie din fier (țevi vechi, profile laminate, cupoane de șină, etc.), fie din materiale inoxidabile spre exemplu, oțel inoxidabil sau grafit. Anodele se așează fie într'un singur rând, fie grupate în V, fie pe o direcție perpendiculară cu cablul. Ele se pot îngropa vertical sau orizontal. Rezistența de contact a anodelor cu solul, poate fi scăzută prin prelucrarea solului din jurul lor.

In cadrul acestui articol nu vom intra în detaliile de proiectare și execuție a protecției catodice. Această problemă este tratată foarte complet în lucrarea cercetătorului sovietic A. S. Pritula : Protecția catodică a conductelor contra coroziunii solului (10).

Deasemenea ea a constituit obiectul unor ample desbateri în cadrul ședințelor de referate ale Congresului A. S. T. din Mai 1951 (8), (9).

Protecția cablelor prin metoda drenajului.

Metoda drenajului este asemănătoare protecției catodice. Ea folosește în locul surselor exterioare, însuși câmpul de curenți de dispersie existent în sol. In principiu ea se bazează pe următorul fapt :

Fie într'un sol străbătut de curenți de dispersie, o pereche de puncte m_1 și m_2 între care există o tensiune U_m și o altă pereche de puncte p_1 și p_2, între care există o tensiune U_p. Conexând punctele m_1 și m_2 printr'o legătură metalică, între aceste două punte va circula un curent H. Se arată atât teoretic, cât și experimental (7) că prin scurgerea curentului de intensitate H, între m_1 și m_2, tensiunea U_p dintre p_1 și p_2 suferă o variație :

$$\Delta U_p = D_{mp} H$$

D_{mp} este un coeficient care depinde de poziția punctelor m_1, m_2, p_1, p_2 și de eterogeneitatea solului și e independent de câmpul de dispersie.

ΔU_p poate fi pozitiv, în care caz tensiunea U_p crește, sau negativ, în care caz tensiunea U_p scade. Dacă ΔU_p e negativ și în valoare absolută mai mare decât U_p, atunci tensiunea dintre punctele p_1 și p_2 își *schimbă sensul.*

Acest fapt este folosit în metoda drenajului.

Executând o conexiune metalică între cablul ce dorim să protejăm şi şina liniei de tracţiune într'un punct apropiat de legătura cablului de întoarcere, vom observa scurgerea curentului din cablu spre şină, întru cât cablul de întoarcere constitue un punct de absorbţie. Rezultatul scurgerii acestui curent este o sensibilă variaţie ΔU_p a tensiunii cablu-sol, care în cele mai multe cazuri are drept efect *inversarea* tensiunii cablu-sol. Cu alte cuvinte datorită drenajului, cablul în loc să cedeze curent solului, *absoarbe curent din sol.* Se observă însă şi cazuri în care variaţia ΔU_p nu este suficientă ca să producă inversarea tensiunii cablu-sol, ci produce doar o micşorare a acesteia.

Un element important în protecţia prin drenaj, îl constitue întinderea zonei dealungul cablului în interiorul căreia are loc inversarea sensului curentului. Un cablu nu poate fi considerat protejat prin drenaj, decât atunci când zona anodică devine în întregime o zonă, care să absoarbă curent din sol.

O altă condiţie cerută protecţiei prin drenaj, este aceea de a nu periclita cablele şi canalizaţiile vecine nedrenate. In adevăr, cablul drenat devenind un electrod absorbant de curent, el poate deveni periculos pentru structurile vecine.

Aceste două condiţii — întinderea zonei protejate şi evitarea pericolului asupra celorlalte structuri—sunt în aparenţă contradictorii. Ele pot fi însă împăcate prin multiplicarea conexiunilor de drenaj şi reducerea curentului de drenaj prin rezistenţe serie (fig. 4) sau şi mai bine prin întocmirea unui plan comun de drenare a tuturor cablelor şi canalizaţiilor din regiunea respectivă.

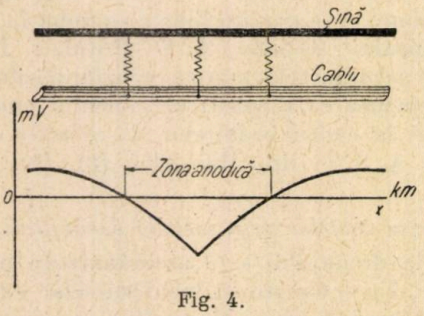


Fig. 4.
Conexiuni multiple de drenaj dealungul unei zone anodice.

In acest scop este necesar să se determine pe bază de măsurători, efectul drenajului asupra structurilor vecine.

Aceste măsurători se pot executa cu dispozitivul următor (fig. 5). In serie cu conexiunea de drenaj se aşează o rezistenţă de câteva sutimi de ohm şi un ampermetru.

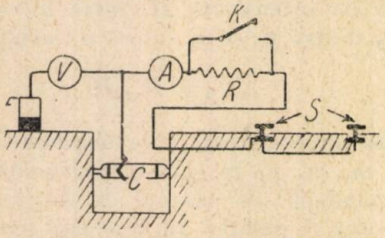


Fig. 5. Măsurarea coeficientului D_{mp}.
C cablu subteran; *S* şine de tracţiune; *R* rezistenţă; *K* întrerupător; *A* ampermetru c. c. 0—100 A; *V* voltmetru curent continuu, de mare rezistenţă interioară; *E* electrod impolarizabil.

Rezistenţa poate fi scurtcircuitată printr'un întrerupător unipolar de 50—100 A. Lăsând întrerupătorul deschis se măsoară simultan curentul de drenaj H_1 şi tensiunea U_2 faţă de sol a structurii vecine, pe care determinăm efectul drenării cablului. Se scurtcircuitează imediat rezistenţa cu ajutorul întrerupătorului şi se măsoară noul curent de drenaj H'_1 şi noua tensiune U'_2 faţă de sol, a structurii vecine. Tensiunea faţă de sol se măsoară cu ajutorul unui electrod nepolarizabil (6) Raportul:

$$D_{1\,2} = \frac{U'_2 - U_2}{H'_1 - H_1},$$

ne arată în ce măsură drenarea cablului afectează potenţialul faţă de sol al structurii vecine. In general, cablele bine izolate nu dau efecte sensibile asupra structurilor vecine. Inafară de aceasta datorită izolaţiei, efectul protectiv se întinde pe distanţe mari dela punctul de drenaj. Dacă însă valorile coeficienţilor D_{mp} sunt mari, este necesar să se introducă în serie cu conexiunile de drenaj, rezistenţe, care să regleze curentul de drenaj la o valoare convenabilă (3), (8). Reducerea curentului de drenaj are drept efect micşorarea secţiunii de cablu protejate. In acest caz este necesar să se prevadă mai multe conexiuni de drenaj în diferite puncte ale zonei anodice.

Conexiunea de drenaj constă în practică dintr'o funie de cupru sau şi mai bine un cablu de cupru de mare secţiune, fixat la un capăt la şină prin sudură, celălalt capăt fiind adus la cel mai apropiat cămin de vizitare (fig. 6), la un tablou închis şi

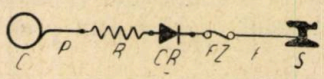


Fig. 6. Executarea conexiunii de drenaj.
C cablu subteran; *S* şină de tracţiune; *R* rezistenţă; *P* panglică de cupru; *F* funie de cupru; *FZ* fuzibil; *CR* celule redresoare (numai în cazul drenajului polarizat).

menţinut uscat. In serie cu conexiunea se montează un fuzibil şi rezistenţa de drenaj. Rezistenţa a cărei valoare este deobicei de ordinul sutimilor de ohm, se confecţionează din sârmă de fier zincată. Este recomandabil să se înnece rezistenţa în bitumen. La celălalt capăt al rezistenţei se fixează o panglică de cupru, care se sudează la cablul ce dorim să protejăm. Să se remarce, că dat fiind intensitatea mare (câteva zeci de amperi) a curentului de drenaj, toate aceste conexiuni trebue să aibă rezistenţe extrem de mici pentru a nu produce căderi de tensiune mai mari de 0,01 V. Conexiunile se vor unge cu unsoare consistentă, pentru a se evita oxidarea punctelor de contact. In niciun caz nu se vor folosi contacte prin presiune, ci numai prin înşurubare sau sudură.

Zonele alternative dintre zonele anodice şi catodice nu sunt totdeauna suprimate prin legăturile de drenaj în jurul cablelor de întoarcere. In acest caz este necesară introducerea de conexiuni de drenaj şi în aceste puncte. Astfel de conexiuni de

drenaj trebue prevăzute cu celule redresoare de seleniu sau cuproxid, care să interzică intrarea curentului din şină în cablu (drenaj polarizat). Grupul de celule redresoare trebue să aibă o rezistenţă cât mai mică şi să fie astfel dimensionat, în cât să suporte vârfuri de curent superioare cu cel puţin 100% curentului nominal.

Drenajul forţat. Se poate întâmpla ca o conexiune obişnuită de drenaj să nu producă o protecţie suficientă. In acest caz se aşează în serie cu conexiunea de drenaj o sursă de curent, care să sporească intensitatea curentului de drenaj la o valoare suficientă, pentru ca potenţialul cablu-sol să capete sensul şi mărimea necesară protecţiei. Sursa cea mai obişnuită de curent constă dintr'un redresor de câţiva zeci de amperi.

Joncţiuni izolante. Metoda joncţiunilor izolante permite separarea anumitor regiuni supuse unor câmpuri de dispersie intense de restul reţelei. Folosirea ei ca o metodă generală de protecţie este în general riscată. Este indicată însă, ori de câte ori un cablu este compus din porţiuni aeriene şi porţiuni subterane, pentru separarea zonelor aeriene de cele subterane. In acest caz, joncţiunea izolantă se montează pe stâlpul cap de cablu. Este necesar ca printr'o execuţie superioară să se asigure joncţiunilor o rezistenţă mecanică suficientă şi o perfectă etanşeitate.

CONCLUZIUNI

In lucrarea de faţă se trec în revistă diferitele metode de protecţie a cablelor contra coroziunii, încercând să se arate importanţa şi particularităţile fiecărei metode. Credem că din această scurtă privire, cititorul a putut deduce pe de o parte, însemnătatea cunoaşterii temeinice a condiţiilor care determină coroziunea cablelor în sol, iar pe de altă parte necesitatea unui studiu laborios al modului de aplicare şi combinare a diferitelor metode.

Bibliografie

1) *Achimov G. V.*: Teoria şi metodele de cercetare a coroziunii metalelor. Ed. Academiei de Ştiinţe U. R. S. S. (1945).
2) *Pritula A. S.*: Protecţia catodică a conductelor şi rezervoarelor. Gostoptehizdat, Moscova, (1950).
3) *Calman V. S.*: Protecţia electrică contra coroziunii canalizaţiilor metalice subterane. Ed. Avutului comun al Poporului U. R. S. S. Moscova (1940).
4) *Pritula A. S.*: Protecţia catodică a conductelor contra coroziunii solului. Gostoptehizdat, Moscova, (1945).
5) *Moisil Gh.*: Rev. Tehnice A. G. I. R. „Electricitate" II, 4—5 (1948), 182—192 şi 235—245.
6) *Moisil Gh.*: Rev. Tehnice A. S. T. „Electricitate" I, 1 (1951), 15—20.
7) *Moisil Gh*: Revista „Transporturi şi Comunicaţii" II, 5 (1951), 13—16.
8) *Moisil Gh.*: Analele C. F. R., Caietul VIII (1950), 488—494.
9) *Săucan Al.*: Protecţia catodică a conductelor. Lucrările CongresuluiA. S. T. (1951).
10) *Moisil Gh.*: Protecţia cablelor de telecomunicaţii. Lucrările Congresului A. S. T. (1951).
11) STAS 833—49.

★

ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

Резюме

Статя рассматривает различные методы которыми пользуются для защиты кабелей от коррозии, анализируя преимущества и недостатки каждой из ник.

Большую важность представляет собой метод защиты при помощи электроэнергических источников приспособленных на поверхности земли; они считаются самыми действительными и в тоже время самыми экономичными.

★

METODE PENTRU CALCULUL CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT

Dr. Ing. AVRAMESCU A. și Ing. SĂNDULESCU S.

Metode principale de calcul, clasificate în metode expeditive, practice și exacte după ușurința calculelor și exactitatea rezultatelor. Recomandări pentru organizarea datelor, alegerea metodelor de calcul celor mai potrivite față de scopul urmărit care poate să fie verificarea instalațiilor existente sau proiectate la forțe electrodinamice, efecte termice, putere de rupere a întreruptorilor, funcționarea protecției selective, etc. Posibilități de a simplifica și combina diferitele metode.

Realizarea proiectelor și lucrărilor prevăzute în planul de electrificare a țării necesită stabilirea solicitărilor maxime la care sunt supuse instalațiile electrice de înaltă tensiune existente și proiectate. In cazuri de scurtcircuit, intensitățiile cresc la valori foarte mari față de valorile normale de exploatare. Instalațiile trebuind să reziste efectelor curenților de scurtcircuit, valoarea acestor curenți și efectele lor trebue să fie cunoscute.

Curenții de scurtcircuit se pot deduce prin calcul analitic, prin calcul grafic și prin experiențe executate pe modele ale rețelelor respective. Atât calea calculelor analitice, cât și cea a calculului grafic a fost utilizată pentru desvoltarea a numeroase metode de calcul, dintre care unele sunt cunoscute și consacrate, altele mai puțin cunoscute, fără a fi mai puțin eficace.

Dat fiind faptul că în general calculele de scurtcircuit sunt laborioase, cu toate că se bazează pe principii simple, tendința este de a simplifica și schematiza pe cât se poate aceste calcule. Aceste simplificări și generalizări au în schimb desavantajul de a introduce erori în rezultate față de situația reală. De aceea proiectanții și tehnicienii din exploatare, care trebue să cunoască și să obțină valorile curenților de scurtcircuit sunt puși în fața problemei de a alege cea mai potrivită metodă de calcul având în vedere felul instalației și datele ce stau la dispoziție. Concomitent trebue să se aprecieze dela început, dacă exactitatea oferită de diferitele metode este suficientă pentru scopul urmărit, mai ales dacă dimensionarea instalațiilor se poate face pe baza rezultatelor obținute, ținând seama atât de principiul securității, cât și de principiul economiei. Din această cauză este util a se trece în vedere diferitele metode cunoscute și consacrate pentru calculul curenților de scurtcircuit, stabilind aproximațiile și erorile ce le comportă, avantajele și desavantajele ce le au și întrebuințarea cea mai indicată, cu scopul final de a putea recomanda pentru diferite obiective urmărite și situații date, metodele cele mai potrivite.

In acest sens lucrarea de față se limitează la o expunere generală a scopurilor calculului de scurtcircuit, a principiilor metodelor de calcul și a datelor necesare ale calculului. Apoi se expun pe scurt metodele cele mai cunoscute, în ordinea exactității rezultatelor.

Clasificarea în metode expeditive, practice și exacte, este oarecum arbitrară ; ea s'a făcut numai pentru a ușura alegerea și a se ordona materialul.

Metodele prezentate sunt în general cele mai cunoscute și consacrate. In afară de metoda reactanțelor procentuale și de metoda coordonatelor simetrice, s'au prezentat două metode sovietice noui, a căror descriere se găsește în cartea lui ***Ulianov***.

Pentru fiecare metodă s'au expus principiile de bază, aproximațiile ce se fac, datele necesare, mersul calculului, erorile ce rezultă, avantajele și desavantajele, în fine indicațiile asupra aplicării. Nu s'a insistat asupra expunerii calculelor, deoarece prin însuși titlul său lucrarea nu se referă la efectuarea calculelor, ci la metodele de calcul, adică la compararea lor. Pentru efectuarea însăși a calculelor, se cere o cunoaștere mai detailată a metodelor, ceeace se poate obține prin consultarea literaturii de specialitate din lista bibliografică alăturată. Ca încheiere se dau recomandări relative la organizarea datelor și la alegerea metodei de calcul celei mai potrivite.

PRINCIPII GENERALE

1. *Scopul calculului curenților de scurtcircuit*

Curenții ce se nasc în instalațiile sistemelor electrice trifazate de înaltă tensiune în cazul unor atingeri directe, sau prin rezistențe foarte mici (arcuri electrice), a conductorilor ce se află sub tensiune (cazuri de scurtcircuit), reprezintă solicitările cele mai importante pentru aceste instalații. Valoarea curenților de scurtcircuit nu depinde în general de sarcina normală a instalației respective, ci numai de felul scurtcircuitului (mono-, bi- și trifazic), caracteristicile generatorilor (putere, reactanță, excitație, etc.) și de impedanța căilor de alimentare a scurtcircuitului.

Calculul curenților de scurtcircuit are ca scop stabilirea în diferitele puncte ale rețelei electrice a valorilor curenților de scurtcircuit, de care depinde solicitarea mecanică și termică maximă a instalațiilor. Pentru reglarea protecției selective este necesară și cunoașterea valorilor minime ale curenților de scurtcircuit.

Efectele curenților de scurtcircuit se manifestă în general prin forțe electrodinamice și încălziri peste limitele admisibile, uneori prin efectele arcurilor electrice ce se nasc în instalații. Efectele de natură electrodinamică trebue să fie suportate de toate părțile instalației, deoarece ele depind de amplitudinea maximă a curentului, care intervine în general în primele momente ale scurtcircuitului. Efectele termice depind de pătratul

intensității curentului și de durata solicitării, care se poate reduce prin deconectarea părților defecte ale instalației dela sursele de alimentare de către aparatele automate de conexiune, comandate de cele de protecție selectivă.

Calculele de scurtcircuit sunt necesare în general pentru :

a) Dimensionarea instalațiilor noui de înaltă tensiune din centrale și stații electrice.

b) Verificarea capacității și rezistenței instalațiilor existente la extinderi (măriri a puterii generatorilor).

c) Verificarea prin calcul a curenților de scurtcircuit în cazuri de defecte și accidente în instalații.

d) Reglarea aparatelor de protecție selectivă.

e) Stabilirea influențelor asupra liniilor de energie și de telecomunicații din apropiere.

2. *Principiile metodelor de calcul*

Pentru calculul curenților de scurtcircuit s'au elaborat diferite metode de calcul. Metodele exacte iau în considerare aproape toți parametri ce influențează valoarea curenților de scurtcircuit. Cu toate că principiile metodelor sunt simple, calculele devin, mai ales în cazul unor rețele extinse și complexe, foarte laborioase.

Spre a se câștiga timp și a se evita calculele complicate, se fac aproximații care comportă erori față de valorile calculate cu metode exacte. De cele mai multe ori aproximațiile se fac astfel încât rezultatele de calcul să fie acoperitoare. In general este dificil a se obține valorile exacte ale tuturor datelor referitoare la elementele instalației (mașini, transformatori, linii, etc.) care sunt necesare unor calcule precise. Exactitatea impusă rezultatelor în vederea dimensionării instalațiilor este limitată, deoarece mărimea și capacitatea elementelor instalației sunt în general standardizate, astfel că se aleg întotdeauna mărimi și capacități acoperitoare. Din aceste motive, chiar la metodele de calcul cele mai exacte, se fac unele aproximații. Aproximațiile se vor face astfel încât să nu influențeze exactitatea inerentă a metodei respective.

Calculul curenților de scurtcircuit se bazează în general pe aplicarea legii lui Ohm pentru curenți alternativi. In sisteme polifazate se calculează curenții pe o singură fază a rețelei respective din raportul tensiunii și a impedanței pe fază a căii de scurtcircuit. Rezistența ohmică a căii de scurtcircuit se poate neglija în cazul când valoarea ei este mai mică decât jumătate din valoarea reactanței. In acest caz calculele se fac cu reactanțe în loc de impedanțe. Tensiunea generatorilor se consideră, din cauza excitației de sarcină înainte de scurtcircuit, cu 5% mai mare decât tensiunea nominală a rețelei.

In rețele interconectate cu mai multe tensiuni calculele se fac pentru o singură tensiune aleasă în mod arbitrar, care e preferabil să fie tensiunea rețelei la locul scurtcircuitului, sau o tensiune arbitrară (de ex. 10 kV).

Impedanțele rețelei se recalculează pentru acea tensiune de referință în raportul invers a pătratelor tensiunilor corespunzătoare. Intensitățile se recalculează în raportul invers al tensiunilor respective.

Rețelele complexe se reduc în calcul la o singură ramură arborescentă echivalentă. Generatorii în paralel se înlocuesc cu un generator echivalent, ramuri paralele cu o singură ramură în serie. In părțile închise ale rețelei se aplică transformarea cunoscută din triunghi în stea echivalentă. Pentru calculele mai precise se ia în considerare că și motoarele sincrone și asincrone mai mari de 1 MVA alimentează scurtcircuitul, cu condiția să nu fie prevăzute cu protecție de tensiune redusă care să le deconecteze dela rețea în caz de scurtcircuit.

Scurtcircuitul se consideră în general metalic, există însă formule pentru luarea în considerare a rezistenței neinductive a arcului electric.

Un alt principiu care dă calcule mai simple decât legea lui Ohm, se bazează pe proporționalitatea inversă între reactanța procentuală a căilor de scurtcircuit și puterea de scurtcircuit în diferite puncte ale rețelei. Curenții de scurtcircuit rezultă din puterea de scurtcircuit în acele puncte ale rețelei.

Aceste două principii de calcul se utilizează în general pentru calculul curenților de scurtcircuit bifazic și trifazic. Pentru obținerea curenților de scurtcircuit monofazic se apelează deobicei la metoda coordonatelor simetrice, care se aplică în mod corespunzător în toate cazurile când se necesită o exactitate mai mare în calcul.

Pe baza acestor principii generale de calcul s'a desvoltat un număr relativ mare de metode de calcul a curenților de scurtcircuit. Unele dintre aceste metode au fost introduse în prescripții și norme. S'au făcut foarte multe propuneri pentru simplificarea metodelor consacrate de calcul prin aplicarea unor artificii de calcul sau a unor metode grafice (nomograme, etc.).

3. *Clasificarea metodelor de calcul*

Criteriile de clasificare cele mai indicate pentru metodele calculului de scurtcircuit sunt exactitatea și timpul necesar pentru efectuarea calculului.

Deoarece în mod evident calculele mai exacte necesită un timp mai lung, clasificarea se face, în cele ce urmează, pe baza criteriului exactității în felul următor :

a) *Metode expeditive* pentru calcule rapide și aproximative (cu erori posibile mai mari de 20%),

b) *Metode practice* pentru calcule normale, cu aproximații corespunzătoare (erori posibile mai mici de 20%).

c) *Metode exacte* pentru calcule speciale și ținând seama de cât mai mulți parametri ce influențează calculele (erori posibile mai mici de 5%).

Această clasificare este arbitrară și se face numai pentru a ușura alegerea metodei celei mai potrivite pentru diferite calcule de scurtcircuit.

4. *Date necesare calculelor de scurtcircuit*

Pentru efectuarea calculelor de scurtcircuit după o metodă oarecare de calcul, este necesară cunoașterea anumitor parametri ai mașinilor, aparatelor

și altor elemente din instalații. Datele nominale înscrise pe mașini, aparate și părți din instalații. se pot considera în general cunoscute. Se necesită valorile reactanțelor de scurtcircuit ale generatorilor, transformatorilor, bobinelor de reactanță cât și ale liniilor aeriene și subterane. Aceste date se obțin în general dela constructorul mașinii sau aparatului respectiv, iar pentru linii aeriene și cabluri se calculează din elementele geometrice. Comportarea mașinilor la scurtcircuite se poate stabili în lipsa datelor constructive în mod experimental.

Pentru calcule expeditive se pot întrebuința date prezumtive, în limitele prevăzute de prescripții. In acest caz, este indicat a se verifica eroarea posibilă a rezultatelor, condiționată de alegerea arbitrară a datelor.

In lipsă de alte date, valoarea reactanțelor mașinilor sincrone se introduce în calcule în limitele indicate în tabela 1.

Tabela 1

Date de scurtcircuit aproximative pentru generatori

Generator		ε_{st} % Pentru curenți de scurtcircuit inițiali	ε_s %	m_0
Tip	Puterea MVA			
Cu poli aparenți	1—15	15	22—30	0,8
	>15	20		
Turbogeneratori	—	12—15	20—24	0,7

Se va lua în considerare că mașinile de construcție mai veche și cu puteri mai mici, au în general o reactanță de scurtcircuit mai mică, în raport cu mașinile de construcție recentă și de puteri mari. Deoarece reactanța depinde de însăși construcția mașinii, ea se poate aproxima prin analogie din reactanța cunoscută a unei mașini de construcție și de putere similară.

METODE EXPEDITIVE

1. *Metoda tensiunii constante în rețea*

a) *Indicații și principii.* In rețele de medie tensiune alimentate *din centrale puternice* sau din rețele de foarte înaltă tensiune (bare naționale), se poate presupune că tensiunea de alimentare nu scade în caz de scurtcircuit în puncte suficient de îndepărtate în rețea. In astfel de cazuri calculul curenților de scurtcircuit se poate simplifica în mod considerabil presupunând tensiunea de alimentare constantă, ceeace revine la a considera puterea rețelei de alimentare infinită.

In mod normal tensiunea se consideră constantă pe partea primară a transformatorilor care alimentează rețeaua respectivă. In cazul când transformatorii de alimentare au o putere mare și o reactanță de scurtcircuit mică, iar linia până la locul scurtcircuitului este relativ lungă (cu reactanță mare față de cea a transformatorului), tensiunea constantă se poate presupune chiar la bornele secundare ale transformatorului de alimentare.

In aceste ipoteze, componenta alternativă a curentului de scurtcircuit nu variază, astfel că intensitatea de scurtcircuit staționar I_d este egală cu intensitatea alternativă inițială I_{at}

$$I_d = I_{at}.$$

b) *Aproximații.* Se neglijează căderile de tensiune în generatori și dealungul rețelei de înaltă tensiune până în punctele de alimentare. Calculul se poate face cu și fără luarea în considerare a rezistenței ohmice a căii curentului de scurtcircuit. Rezistența ohmică a transformatorilor de alimentare cu puteri ce întrec 1 MVA se neglijează.

c) *Datele necesare efectuării calculului* după această metodă sunt :

Tensiunea nominală a rețelei considerate.

Reactanța de scurtcircuit a transformatorilor de alimentare.

Impedanțele, respectiv reactanțele liniilor (în cazul neglijării rezistențelor ohmice).

Reactanțele și puterile transformatorilor coborîtori.

Reactanțele bobinelor de scurtcircuit.

d) *Mersul calculului.* Intensitatea de scurtcircuit staționar se obține din legea lui Ohm, adică în cazul scurtcircuitului trifazic din raportul tensiunii pe fază $U/\sqrt{3}$ în kV, prin impedanța totală a unei faze a ramurii arborescente echivalente ΣZ în ohmi :

$$I_d^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\,\Sigma Z} \quad [\text{kA}].$$

Curentul de scurtcircuit bifazic este deci totdeauna cu circa 13,5% mai mic decât cel trifazic :

$$I_d^{(2)} = \frac{U_n}{2\,\Sigma Z} \quad [\text{kA}].$$

Pentru liniile lungi se pot desena diagrame arătând scăderea hiperbolică a intensității curenților de scurtcircuit în funcție de distanță (sau reactanță).

e) *Erori.* Rezultatele calculelor sunt în general acoperitoare, pot totuși să întreacă valorile reale ale curenților de scurtcircuit în așa măsură, încât dimensionarea instalațiilor să nu fie justă. Erorile sunt cu atât mai mici cu cât raportul dintre puterea rețelei de alimentare și puterea rețelei considerate este mai mare și cu cât scurtcircuitul este mai departe de punctele de alimentare. Erori mai pot să provină din neglijarea rezistenței ohmice, din care cauză impedanța și implicit intensitatea de scurtcircuit se calculează cu erorile din tabela 2.

Tabela 2

Eroarea asupra impedanței la neglijarea rezistenței ohmice

Valoarea rezistenței ohmice în % din valoarea reactanței	Eroarea asupra calculului impedanței
10	0,49%
20	1,9%
30	4,4%
40	7,7%
50	11,8%

f) Avantaje și desavantaje. Metoda se poate considera foarte expeditivă și este potrivită pentru calcule de orientare. Ea nu are o aplicație generală și dă în general rezultate mult acoperitoare. Din această cauză ea trebue aplicată cu prudență la dimensionarea instalațiilor noui, însă este indicată pentru verificarea capacității instalațiilor existente.

2. *Simplificarea metodei de tensiune constantă*

a) *Principii și indicații.* Numărul operațiunilor de calcul din metoda precedentă se poate micșora, dacă în loc de a calcula reactanțele circuitului și

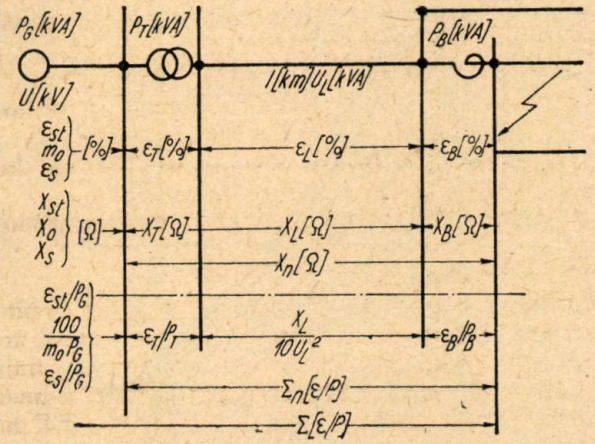


Fig. 1. Elementele unei rețele simplu alimentată, pentru calculul curenților de scurtcircuit prin metoda reactanțelor procentuale.

a aplica legea lui Ohm, se calculează reactanțele precentuale ε_r în raport cu puterea transformatorilor de alimentare și se obține puterea de scurtcircuit P_{sc} direct din suma reactanțelor procentuale $\Sigma\varepsilon_r$ până la locul scurtcircuitului. Curenții se deduc din puteri după formulele cunoscute. Toate celelalte elemente ale calculelor, cât și considerațiile aferente, rămân aceleași.

b) *Mersul calculului.* Se alege în mod arbitrar ca putere de referință suma puterilor nominale a transformatorilor care alimentează rețeaua sau puterea transformatorului celui mai mare, sau o putere rotundă oarecare, de exemplu 10 MVA.

Se calculează reactanța procentuală ε_r a fiecărui element al circuitului, raportată la puterea de referință, după formula :

$$\varepsilon_r = \frac{P_r \cdot X}{U_n^2} \cdot 100.$$

Se însumează aceste reactanțe până la locul scurtcircuitului ($\Sigma\varepsilon_r$).

Puterea de scurtcircuit este dată atunci de formula :

$$P_{sc} = \frac{110}{\Sigma\varepsilon_r} \cdot P_r \quad [\text{MVA}].$$

Din această putere se deduce :

$$I_{sc} = \frac{P_{sc}}{\sqrt{3}\, U_n} \quad [\text{kA}]$$

care este în același timp valoarea eficace a curentului alternativ inițial și a curentului staționar de scurtcircuit.

c) *Avantaje și desavantaje.* Calculul se face mai ușor decât cu metoda dela punctul 1, rezultatele fiind în condiții egale, identice. Mersul calculului se poate cuprinde ușor în tabele, ceeace permite o urmărire și verificare ușoară. Pentru a evita greșeli de calcul este recomandabil, mai ales pentru început, a se verifica rezultatele cu cele obținute prin metoda dela punctul 1.

3. *Metoda factorului de scurtcircuit staționar la generatori*

a) *Principii.* Pentru mașini sincrone trifazice de construcție recentă, se poate considera aproximativ că raportul curentului staționar de scurtcircuit la borne către curentul nominal este constant, fiind în funcție numai de felul scurtcircuitului.

Intensitatea de scurtcircuit este diferită după cum scurtcircuitul este mono, bi, sau trifazic, fiindcă reactanța de reacție a indusului este mai mică pentru un scurtcircuit mono- și bifazic decât pentru cel trifazic.

b) *Aproximații.* Raportul între curentul de scurtcircuit și cel nominal este aproximat pe baza unei statistici. Erorile pot să fie de cca 30%.

c) *Mersul calculului.* Curentul de scurtcircuit staționar I_d la bornele generatorului se poate stabili pentru mașini sincrone de construcție recentă, după formula :

$$I_d = m_d \; I_n$$

Coeficientul m_d are valorile indicate în tabela Nr. 3. Aceste valori se referă la excitația pentru sarcina nominală și la cos $\varphi = 0{,}8$.

Tabela 3

Valorile factorului de scurtcircuit m_d a curenților staționari

Scurtcircuit	Turbogeneratori m_d	Generatori cu poli aparenți m_d
Trifazic	2	2,5
Bifazic	3	3,75
Monofazic	5	6,25

d) *Indicații.* Metoda se poate aplica numai pentru calculul curenților staționari de scurtcircuit la bornele generatorilor de construcție recentă, în special în vederea calculării solicitării termice.

4. *Metoda aproximativă grafică pentru stabilirea curentului de scurtcircuit staționar și inițial*

a) *Principii.* Forța electromotoare ce se aplică în cazul scurtcircuitului staționar simplu alimentat, se poate deduce din caracteristica exterioară a generatorului în funcție de impedanța exterioară. Excitația generatorului la sarcina nominală putându-se obține în funcție de factorul de putere și factorul de scurtcircuit, caracteristica exterioară se poate desena și în cazul când nu este dată. In

consecință se pot deduce curbe care reprezintă curentul de scurtcircuit staționar relativ în funcție de reactanța sau impedanța relativă a rețelei.

Curenții inițiali ce se obțin din legea lui Ohm pe baza reactanței de dispersiune relativă a statorului, se pot deduce în raport cu curenții staționari pentru o reactanță relativă dată a rețelei.

b) *Aproximații.* Dacă metoda s'ar aplica plecând dela curbele caracteristice reale ale generatorilor ea s'ar suprapune cu una din metodele practice ce urmează. Ea poate să devină expeditivă dacă se ia ca bază o caracteristică de mers în gol medie și o valoare constantă a tensiunii totale de dispersiune a generatorului, cât și o singură valoare pentru factorul de putere în sarcină (de ex. cos φ = 0,8). Față de situația reală se fac astfel aproximații greu de apreciat, obținând în schimb rezultatele ușor.

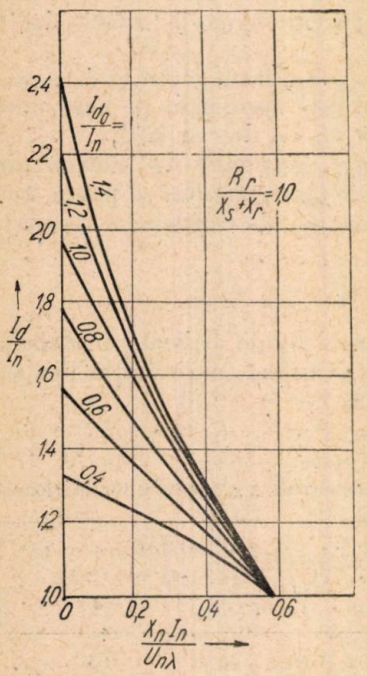


Fig. 2. Curentul staționar de scurtcircuit trifazic (pentru scurtcircuit inductiv)

Pentru calculul curenților inițiali se propun trei tipuri de generatori cu anumite valori de raporturi de scurtcircuit și o reactanță de dispersiune statorică, pentru care se desvoltă diagramele respective. Valori intermediare se pot interpreta cu oarecare aproximație.

c) *Mersul calculelor.* Din curba caracteristică externă a generatorilor normali, desenată pentru diferite rapoarte de scurtcircuit, odată pentru scurtcircuit inductiv ($R_r = 0$) (fig. 2) și odată pentru scurtcircuit mixt ($X_r = R_r$) (fig. 3), se poate obține raportul tensiunii la borne către tensiunea nominală E_d/U_n, care introdusă în legea lui Ohm dă raportul intensității curentului staționar către cel nominal I_d/I_n. Se calculează în mod rațional cu reactanțe și rezistențe procentuale. Se pot deduce două diagrame care dau raportul curentului de scurtcircuit staționar față de cel nominal în funcție de reactanța exterioară relativă $\varepsilon_r = \sqrt{3}\, X_r I_n$ pentru diferite valori ale raportului de scurtcircuit m_0. Raportul curentului staționar la cel nominal al generatorului I_d/I_n se poate citi direct din diagrama pentru scurtcircuite inductive sau mixte

$$\frac{I_d}{I_n} = \frac{E_d/U_n}{\varepsilon_s + \varepsilon_r}$$

Raportul curentului de scurtcircuit inițial către cel nominal I_{at}/I_n se obține din legea lui Ohm:

$$\frac{I_{at}}{I_n} = \frac{1,1}{\varepsilon_{st} + \varepsilon_r}$$

din care se poate deduce raportul I_d/I_{at}. Aceasta

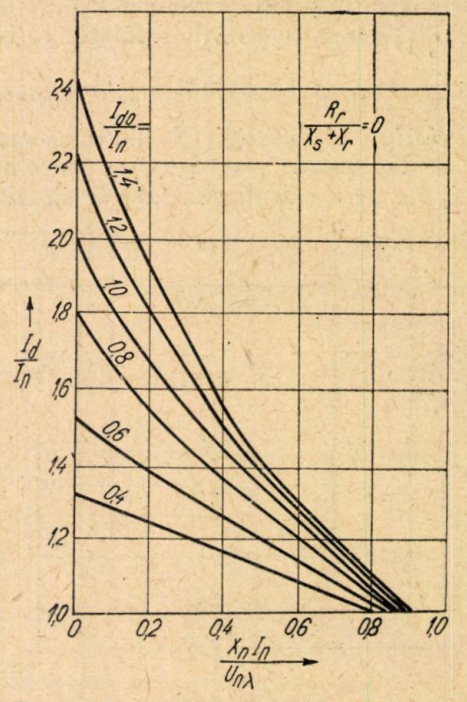


Fig. 3. Curentul staționar de scurtcircuit trifazic (pentru scurtcircuit mixt).

se reprezintă grafic în funcție de ε_r pentru tipuri diferite de generatori.

Exemple de valori pentru generatori tip (fig. 4):

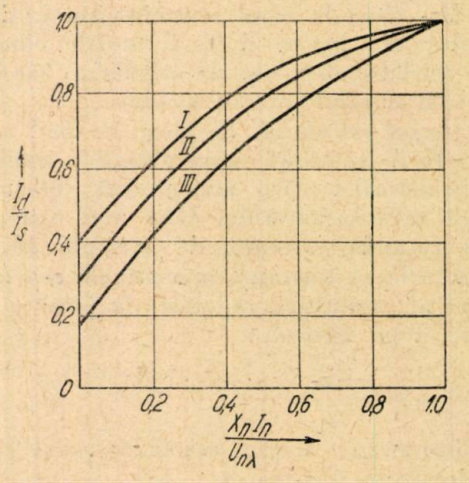


Fig. 4. Raportul curentului staționar către curentul inițial de scurtcircuit, în funcție de reactanța căii de scurtcircuit, pentru trei tipuri de generatori:
I — generatori cu poli aparenți fără bare amortizoare ($\varepsilon_{st} = 22\%$; $m_0 = 1$); *II* — generatori cu poli aparenți cu bare amortizoare ($\varepsilon_{st} = 18\%$; $m_0 = 0,8$); *III* — turbogeneratori ($\varepsilon_{st} = 12\%$; $m_0 = 0,6$).

	ε_{st}	m_0
— cu poli aparenți fără atenuare .	0,22	1,0
— cu poli aparenți cu atenuare .	0,18	0,8
— turbogeneratori	0,12	0,6

d) *Erorile* rezultatelor depind în general de aproximația datelor de bază introduse în calcul față de cele reale și din generalizări se pot reduce simțitor dacă metoda se aplică luând ca bază curbele caracteristice și datele reale ale generatorilor.

e) *Avantaje și indicații.* Metoda are avantajul de a reduce considerabil calculele, cere însă desenarea în prealabil a diagramelor respective. Ea este indicată pentru calcule de orientare în rețele simplu alimentate.

METODE PRACTICE

5. *Metoda liniarizării caracteristicei externe*

a) *Principii.* Caracteristica externă a generatorilor se poate aproxima ca fiind o dreaptă atât în faza inițială a scurtcircuitului cât și în faza staționară. Dreptele sunt determinate prin valoarea forței electromotoare și prin înclinația dată de reactanța respectivă a generatorului. Curentul de scurtcircuit în rețele apare la intersecția caracteristicei cu dreapta reactanței rețelei. Pentru a obține valorile curentului între faza inițială și cea staționară se utilizează diagrame care dau valoarea forței electromotoare în fazele intermediare în funcție de timp pentru diferite tipuri de generatori cu și fără reglaj automat al tensiunei. Metoda a fost propusă de specialiștii sovietici *C. A. Ulianov* și *I. N. Bascacov.*

b) *Aproximații.* Se face aproximația formei liniare a caracteristicei externe, ceeace corespunde realității numai la reactanțe exterioare mici. Curbele care dau forța electromotoare în funcție de timp sunt variabile pentru anumite tipuri de generatori nu pentru generatorii reali.

Rezistențele ohmice se neglijază la generatori, se pot însă lua în considerare în rețea.

c) *Mersul calculului.* Caracteristica exterioară liniară corespunde cu relațiile :

$$E_G - I X_G = I X_r = U_G,$$

iar

$$\operatorname{tg} \gamma = X_G, \qquad \operatorname{tg} \alpha = X_r,$$

fixează panta caracteristicei mașinii și a rețelei. Curentul de scurtcircuit este abscisa punctului de intersecție a celor două drepte.

Dacă X_G este numai reactanța de dispersiune a statorului, se obține curentul de scurtcircuit inițial, iar dacă se introduce reactanța sincronă, rezultă curentul staționar.

Intr'un moment oarecare după începerea scurtcircuitului, valoarea forței electromotoare E se obține în funcție de timp, de excitație și de tipul generatorului din diagrame.

In cazul când generatorul are reglaj automat de tensiune până la un curent critic, caracteristica exterioară se confundă cu valoarea constantă a tensiunii nominale și cade apoi după o dreaptă înclinată cu unghiul γ.

d) *Erori.* După indicația autorilor liniarizarea arbitrară a carcateristicei exterioare nu poate să provoace erori mai mari de $\pm$ 10% la generatori fără și de $\pm$ 4% la generatori cu reglaj automat de tensiune. In schimb se mai adaugă erori din cauza generalizării generatorilor la câteva tipuri. Curbele se referă la tipuri de generatori sovietici.

e) *Avantaje și indicații.* Metoda este expeditivă cu condiția ca să se dispună de curbe ce se apropie cât mai mult de comportarea reală a generatorilor.

Reprezentarea caracteristicei exterioare și a dreptei de reactanță este cât se poate de intuitivă și ușor de înțeles.

Metoda este indicată pentru a obține curenții de scurtcircuit staționari și inițiali pentru o centrală sau generator când reactanța rețelei până la scurtcircuit variază, deoarece soluția se obține pe cale grafică.

6. *Metoda practică analitică bazată pe legea lui Ohm*

a) *Principii și indicații.* Legea lui Ohm servește ca bază pentru metodele practice întrebuințate în mod obișnuit la calculul curenților de scurtcircuit inițiali și staționari.

Pentru calculul curenților inițiali se ia în considerare numai reactanța tranzitorie, egală cu reactanța de dispersiune a statorului generatorului. Calculul se poate face cu neglijarea rezistențelor ohmice, însă raportul rezistenței către reactanța căii de scurtcircuit trebuie să fie cunoscut, deoarece din acest raport se deduce amplitudinea valorii maxime a curentului inițial, de care depinde solicitarea dinamică (curentul de anclanșare al întreruptorului).

In calculul curenților staționari se ia în considerare reactanța sincronă compusă din reactanța de dispersiune totală și din reactanța de reacție a indusului generatorilor.

La reactanța generatorilor se adaogă impedanța respectiv reactanța rețelei până la punctul de scurtcircuit. La calculul curenților staționari, legea lui Ohm se aplică cu un factor de corecție, prin care se ține seama de efectul de saturație magnetică a generatorilor. Acest factor este în funcție de excitația generatorului și de distanța numerică de scurtcircuit. Deobicei se calculează valoarea maximă a curenților de scurtcircuit staționari, spre a se deduce solicitarea termică maximă a căii de scurtcircuit. Pentru reglarea protecției selective este necesară cunoașterea valorii minime a curenților staționari în anumite puncte ale rețelei. Aceștia se calculează considerând la generatori o excitație mai mică decât excitația de mers în gol. Factorul de corecție în acest caz este aproape de unitate.

Curentul de rupere și puterea de rupere a întreruptorilor se deduc din valoarea eficace a curentului alternativ cu ajutorul curbelor de decrement, în funcție de timpul de lucru propriu al întreruptorului și al protecției respective, cât și în funcție de reactanța căii de scurtcircuit. Se cunosc din bibliografia de specialitate, curbe de decrement având diferite exactități.

Aceste curbe sunt valabile de fapt pentru o anumită construcție a generatorilor, deci, dacă ele nu sunt date direct de constructorul mașinii respective, se poate renunța la o exactitate prea mare în calcul.

b) *Aproximații.* In cazul când nu se cunosc reactanțele de scurtcircuit și raportul m_0 al curentului de scurtcircuit către curentul nominal la excitația de mers în gol a generatorului, aceste valori se pot lua din tabela Nr. 1 cu observațiile menționate.

Rezistența ohmică a generatorilor și transformatorilor cu o putere mai mare de 1 MVA, se neglijează, ea fiind în general mai mică decât 7% din reactanța înfășurării respective (a se compara tabela 2).

Rezistența celorlalte elemente din circuit se introduce dacă valoarea ei întrece jumătate din valoarea reactanței respective.

In aceste cazuri se face deobicei aproximația de a nu lua în considerare unghiul acestor impedanțe și a le considera de aceeași fază, pentru a le putea aduna aritmetic cu reactanțele căii de scurtcircuit.

La calculul curenților staționari, excitația se ia deobicei egală cu excitația generatorului la sarcina nominală și factorul de putere nominal.

Excitația relativă a generatorului, ținând seama de o tensiune la bornele generatorului cu 10% mai mare decât tensiunea rețelei, se poate calcula dintr'o formulă, în funcție de reactanța de dispersiune totală, factorul de scurtcircuit și factorul de putere. In cazul unor verificări a curenților de scurtcircuit într'o rețea și într'o anumită situație a exploatării, se introduce în calcul pe cât se poate excitația măsurată a generatorilor, imediat înainte de scurtcircuit.

In cazul când generatorii au regulatori rapizi de tensiune, care nu se zăvoresc în mod automat la scurtcircuite, excitația generatorilor se consideră de 3—4 ori mai mare decât excitația de mers în gol.

Stabilirea factorului de corecție datorit saturației se face din tabele sau din diagrame în funcție de felul scurtcircuitului, excitația relativă a generatorilor și distanța numerică de scurtcircuit (tabela 4).

Tabela 4

Valorile factorului de saturație k a generatorului

Distanța numerică de scurtcircuit	a_3	1	2	4	8	16	32	∞
	a_2	—	1	2	4	8	16	∞
Excitația relativă $v = 1$	—	1,03	1,06	1,08	1,07	1,06	1,03	1,00
1,5	—	1,55	1,58	1,57	1,52	1,42	1,31	1,21
2	—	2,07	2,08	2,04	1,83	1,61	1,47	1,33
2,5	—	2,58	2,55	2,38	1,98	1,73	1,57	1,41
3	—	3,09	3,02	2,63	2,15	1,82	1,64	1,46
3,5	—	3,50	3,49	2,94	2,35	1,94	1,73	1,51

Valorile din aceste curbe și diagrame sunt calculate deobicei pe baza curbelor caracteristice de mers în gol normalizate, care pot să difere cu ± 10% de curba reală a generatorilor (fig. 5).

Valorile factorului de corecție sunt date în general pentru scurtcircuite inductive. In cazul când rezistența ohmică a căii de scurtcircuit întrece reactanța, se aplică o corecție suplimentară.

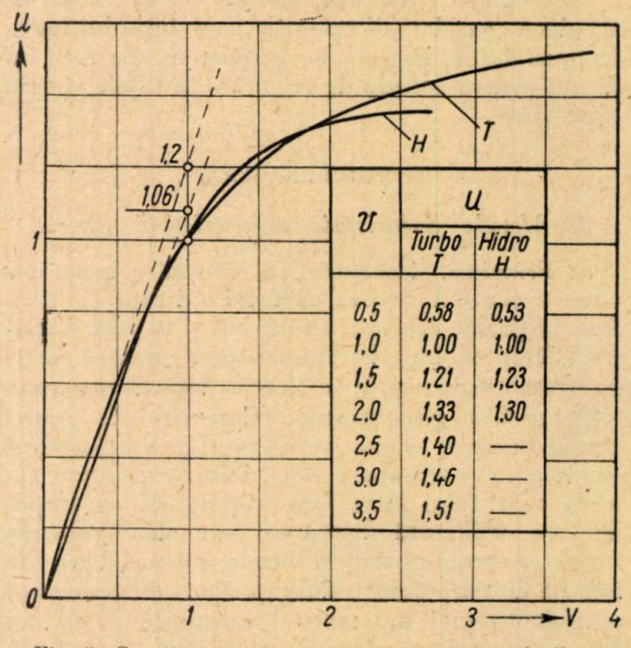


Fig. 5. Caracteristica de mers în gol a alternatorilor.

Influența sarcinilor ce se alimentează în paralel cu calea de scurtcircuit se neglijează în cele mai multe cazuri, din cauză că impedanța receptorilor crește foarte repede cu scăderea tensiunii, astfel încât curentul derivat în aceste impedanțe este foarte mic față de curentul de scurtcircuit. Prin neglijarea acestor sarcini de exploatare, calculul dă în orice caz rezultate acoperitoare.

c) *Date necesare.* Pentru calculul curentului inițial de scurtcircuit :

Reactanța transitorie de scurtcircuit (reactanțe de dispersiune a statorului) și rezistența statorului generatorilor.

Reactanța de scurtcircuit și rezistența transformatorilor.

Impedanța elementelor rețelei.

Tensiunile nominale ale generatorilor și ale rețelei.

Pentru calculul curenților de rupere a întreruptorilor :

Curbele de decrement în funcție de timpul propriu al întreruptorilor și de reactanța căii de scurtcircuit, sau de raportul curentului staționar către curentul nominal.

Pentru curenții staționari de scurtcircuit :

Reactanța de dispersiune totală și reactanța de reacție a indusului generatorului.

Raportul de scurtcircuit $m_0 = \frac{I_{sc}}{I_n}$

Factorul de putere nominal al generatorilor, impedanțele respective.

Reactanțele căii de scurtcircuit.

d) *Mersul calculului curenților inițiali de scurtcircuit.* La bornele generatorului componenta alternativă a curentului inițial este dată de formula :

$$I_{ai} = \frac{1{,}1\ U_n}{\sqrt{3}\ X_{st}}$$

în care X_{st} înseamnă reactanța transitorie a generatorului. Această reactanță este la turboalternatori și alternatori cu poli și bare amortizoare egală cu reactanța de dispersiune a statorului. In cazul alternatorilor cu poli aparenți fără bare de amortizare ea este egală cu reactanța totală de dispersiune a mașinii (tabela 1).

Amplitudinea maximă a curentului inițial inclusiv valoarea componentei de curent continuu este dată de formula :

$$I_s = 1{,}8\sqrt{2}\, I_{ai}.$$

Componenta alternativă a curentului inițial de scurtcircuit în rețea se calculează din formula :

$$I_{ai} = \frac{1{,}1\ U_n}{\sqrt{3}\sqrt{R^2 + X^2}}$$

în care R — înseamnă rezistența ;
X — reactanța căii de scurtcircuit
(la generatori se introduce reactanța transitorie).

Amplitudinea curentului maxim inițial este dată de :

$$I_s = \varkappa\sqrt{2}\, I_{ai}$$

în care $\varkappa$ (factorul de șoc) se obține în funcție de raportul rezistenței către reactanță din fig. 6.

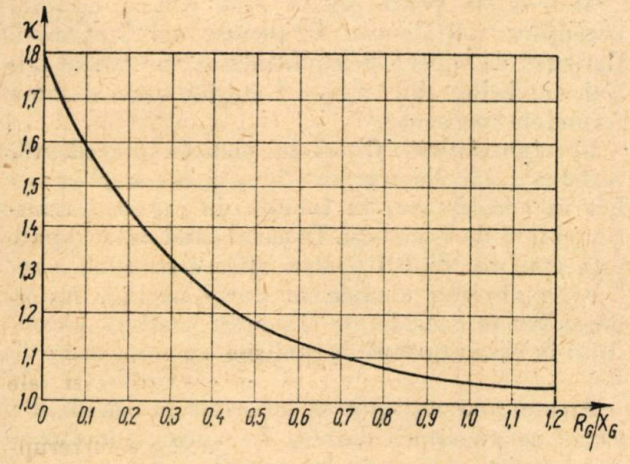


Fig. 6. Valoarea factorului de șoc $\varkappa$ în funcție de raportul rezistenței către reactanță.

Curentul de rupere al întreruptorului se calculează din valoarea eficace a curentului periodic inițial cu ajutorul formulei :

$$I_r = \mu \cdot I_{ai}$$

în care factorul μ se obține din curbele de decrement (vezi fig. 7).

Curbe precise de decrement pentru curenții alternativi s'au calculat de către *Cernin* și *Șvager* și se află publicate în cartea lui *S. A. Ulianov*, citată în lista bibliografică.

e) *Mersul calculului curenților staționari de scurtcircuit.* Curentul de scurtcircuit staționar trifazic se calculează cu formula :

$$I_d^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}\ (X_a + a \cdot X_s)} \cdot k\ (a_3),$$

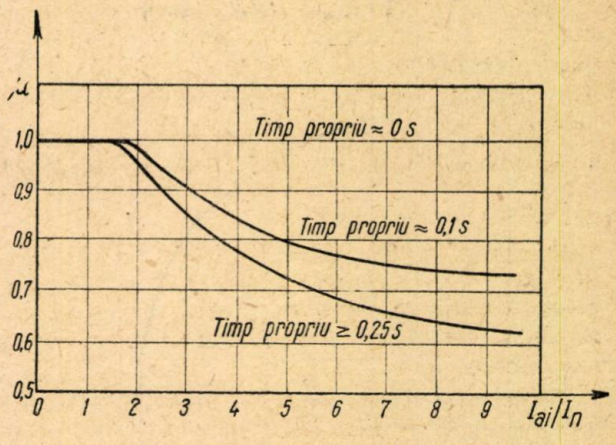


Fig. 7. Curbe de decrement pentru obținerea factorului μ.

iar curentul de scurtcircuit bifazic cu formula :

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{X_a + 2a\,X_s} \cdot k\ (a_2)$$

unde distanța numerică de scurtcircuit se obține prin relația : $a = 1 + \frac{X_r}{X_s}$. In aceste formule factorul $k\ (a_3)$ și $k\ (a_2)$, se obține din tabela 4 în funcție de distanța numerică de scurtcircuit și excitația relativă a generatorului. Valori intermediare se pot interpola și citi mai exact pe diagrame sau nomograme întocmite pe baza valorilor din tabelă. Va-

Tabela 5

Date necesare pentru calculul excitației relative a generatorilor. Valorile v calculate corespund unor valori ε_s și m_0 normale

cos φ	0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
F (cos φ)	1,0	0,91	0,86	0,80	0,72	0,60	0,30
v pentru turbogeneratori	3,2	3,0	2,9	2,8	2,6	2,35	1,7
v pentru generatori cu poli aparenți . . .	2,8	2,65	2,6	2,5	2,3	2,1	1,6

loarea excitației relative a generatorilor normali presupuși a fi sub sarcină nominală înainte de scurtcircuit, se poate calcula din formula :

$$v = 1{,}08 + (4{,}45\ \varepsilon_s + \frac{1}{m_0} - 0{,}43) \cdot F(\cos\varphi),$$

în care F (cos φ) se obține în funcție de cos φ din tabela 5 (sau fig. 8)

cos φ	0,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
F(cos φ)	1,00	0,91	0,86	0,80	0,72	0,60	0,30

Dacă impedanța căii de scurtcircuit are un unghi de fază pentru care sin $\psi \geqslant 0{,}8$ se aplică o corecție suplimentară a factorului k, formulele devenind pentru curentul staționar trifazic :

$$I_d^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}\,(X_a + a' X_s)} \cdot \frac{k\left(a_3'\right)}{\sin \psi}$$

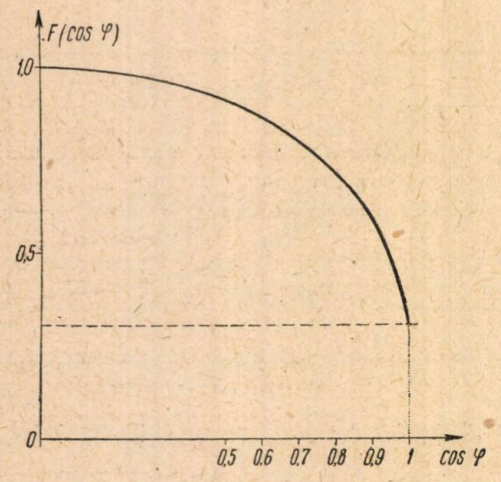


Fig. 8. Variația factorului F (cos φ) în funcție de factorul de putere.

Pentru curentul staționar bifazic :

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{X_a + 2\,a' X_s} \cdot \frac{k(a_2')}{\sin \psi}$$

unde s'a notat :

$$a' = \frac{a}{\sin^2 \psi}.$$

Factorul k respectiv se poate obține din aceeași diagramă.

f) *Erori.* Metoda comportă unele aproximații, care pot da erori în rezultate. Astfel factorul de corecție pentru saturație este stabilit din valori medii ale unor experiențe executate asupra unui număr mare de generatori. Aproximația și eroarea ce rezultă din aceasta nu se cunosc exact însă în orice caz sunt în limita exactității metodei în general. Introducerea unor date prezumtive poate să influențeze deasemeni rezultatele. Reactanța tranzitorie are o influență mai mare asupra intensităților inițiale decât reactanța totală asupra celor staționare. Reactanța sincronă se cunoaște în general cu suficientă exactitate.

g) *Avantaje, desavantaje și simplificări.* Metoda e consacrată și cunoscută în general. Ea dă rezultatele concordante cu exigențele practice. Un desavantaj este stabilirea relativ greoaie a curenților staționari cu ajutorul factorilor de corecție a saturației. Tabela nu permite citirea unor valori intermediare. Diagrama respectivă se poate înlocui cu o nomogramă pe care valorile intermediare să se citească cu o mai mare precizie. Totuși acest calcul rămâne anevoios.

S'a propus deaceea deducerea intensității curentului staționar direct din curentul inițial pe baza unei diagrame care se reproduce în figura 9 și care dă rezultatul cu erori de cel mult 25%.

Utilizarea acestei diagrame împreună cu calculul intensității staționare simplifică foarte mult metoda, care este în măsură să dea toate rezultatele necesare dimensionării instalațiilor.

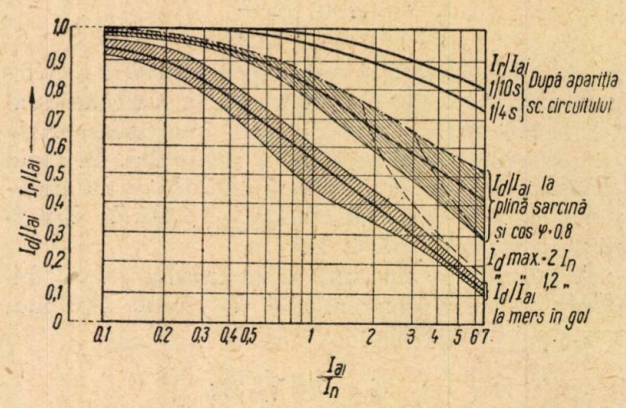


Fig. 9. Variația curentului de rupere și a curentului de scurtcircuit staționar în funcție de curentul alternativ inițial.

7. *Metoda reactanțelor și puterilor procentuale*

a) *Principii.* Această metodă se bazează pe proporționalitatea inversă între reactanțele relative sau procentuale ale căii de scurtcircuit și a puterilor relative sau procentuale de scurt circuit în punctele respective. Puterea de scurtcircuit într'un punct al rețelei se calculează ca o parte din puterea de scurtcircuit totală a generatorilor, invers proporțională cu reactanța relativă a rețelei până în punctul de scurtcircuit. Curenții de scurtcircuit trifazic se deduc imediat din această putere.

Metoda se poate aplica atât pentru calculul curenților inițiali cât și pentru cei staționari. Curentul de rupere și amplitudinea curentului inițial se deduc din curentul inițial eficace după formulele cunoscute.

b) *Aproximații.* Ca și la metoda precedentă, rezistența căii de scurtcircuit se poate neglija sau lua în considerare, în funcție de raportul rezistenței față de reactanță. In cazul când acest raport este mai mic de 0,5 pentru oricare secțiune a rețelei, rezistența ohmică se poate neglija. Ea se poate lua în considerare și pentru părți ale circuitului în care raportul de mai sus este mai mare de 0,5.

Alte aproximații pot să intervină în calcule din cauza necunoașterii datelor de scurtcircuit exacte ale generatorilor, transformatorilor, bobinelor de scurtcircuit și rețelelor.

Valoarea curenților de rupere se obține din valoarea eficace a curentului inițial cu ajutorul unor curbe care dau scăderea în timp a curentului inițial, în funcție de reactanța relativă (curbe de decrement). Fig. 7.

c) *Datele necesare efectuării calculului* sunt :

puterea nominală a generatorilor și transformatorilor,

reactanța de scurtcircuit relativă a generatorilor, transformatorilor, bobinelor de reactanță,

reactanța liniilor.

d) *Mersul calculului.* Se alege o putere de referință, care poate fi sau suma puterilor generato-

rilor din rețea, sau puterea celei mai mari centrale din rețea, sau o putere arbitrară rotundă, de exemplu 100 MVA.

Dat fiind că pentru linii și cabluri, puterea de transport nu se specifică în general, această putere se poate lua în mod convenabil egală cu

$$P_L = \frac{U_n^2}{100}\ [\text{MVA}],$$ tensiunea fiind dată în kV.

Se calculează reactanțele procentuale ale fiecărui element al circuitului în funcție de puterea nominală P_n a elementului respectiv.

Spre a obține curentul inițial la generatori, se introduce în calcul numai reactanța de dispersiune a statorului (reactanța transitorie ε_{st}), iar pentru curenții staționari reactanța sincronă. Aceste reactanțe procentuale se recalculează pentru puterile de referință P_r, după formula :

$$\varepsilon_r = \varepsilon \frac{P_r}{P}.$$

Se însumează reactanțele procentuale ε_r raportate la puterea de referință și puterea de scurtcircuit în punctul respectiv se obține din relația :

$$P_{sc} = \frac{110}{\Sigma \varepsilon_r} \cdot P_r \quad [\text{MVA}]$$

iar curentul de scurtcircuit din relația :

$$I_{sc} = \frac{P_{sc}}{\sqrt{3}\,U} \quad [\text{kA}].$$

Puterea de rupere la locul scurtcircuitului se calculează luând în considerare curbele de decrement pentru fiecare generator sau centrală în parte.

Curenții de rupere se deduc din puterile de rupere respective, amplitudinea maximă a curentului inițial se calculează din puterea inițială de scurtcircuit cu formula obișnuită.

e) *Erori posibile.* Erori pot să apară în rezultate din cauza necunoașterii datelor de scurtcircuit precise ale generatorilor, transformatorilor, bobinelor de reactanță și ale altor elemente din rețea. Pentru a obține rezultate acoperitoare, este indicat a alege reactanțe mai mici. Erorile sunt cu atât mai mici cu cât reactanța respectivă este o parte mai mică din reactanța totală a circuitului.

Erori ce apar din cauza neglijării rezistenței ohmice se pot aprecia din raportul impedanței la reactanța respectivă a elementului din circuit. Raportul pentru acest element se compară cu raportul corespunzător pentru întregul circuit. Alte erori, neglijabile în general, pot să rezulte în cazul când nu toate rezistențele se introduc în calcul.

Erori mai pot rezulta din aproximații și adaptarea la situația reală a curbelor de decrement.

f) Avantaje și desavantaje. Metoda reprezintă o reducere a operațiilor de calcul față de metodele consacrate, bazate pe legea lui Ohm. Ea nu se poate aplica concomitent pentru calculul puterilor inițiale și a puterilor staționare de scurtcircuit, ci calculul trebue să se facă separat pentru aceste două mărimi. Mersul calculului se poate reprezenta ușor sub formă de tabelă, ceeace permite o verificare și un control ușor al rezultatelor.

g) *Indicații.* Metoda este indicată pentru un calcul rapid al puterilor de scurt circuit și de rupere în rețele, mai ales în cazul când sunt de calculat mai multe rețele.

METODE EXACTE

8. *Metoda grafică a triunghiului*

a) *Principii și indicații.* Caracteristica de mers în gol a generatorilor sincroni permite stabilirea unui număr de relații între parametrii mașinii și cei ai rețelei alimentate, atât în caz de sarcini obișnuite, cât și în caz de scurtcircuit. Se știe că triunghiul lui stabilește la excitația de mers în gol, o relație între căderea de tensiune, respectiv reactanța de dispersiune totală (cateta verticală) și între reactanța de reacție, care e proporțională cu intensitatea de scurtcircuit (cateta orizontală). La excitații mai mari, triunghiul se mărește deplasându-se cu un vârf pe caracteristică și alunecând pe cateta orizontală dar rămâne asemenea. Una din catete este proporțională cu tensiunea de dispersiune, iar cealaltă cu intensitatea de scurtcircuit staționară (fig. 10).

Construcția e valabilă și pentru scurtcircuite în rețea, la cateta verticală adăugându-se reactanța rețelei. Se pot obține curenții staționari de scurtcircuit trifazic și bifazic.

Există multe variante ale metodei, dintre care unele comportă simplificări constructive.

b) *Aproximații.* Metoda dă rezultate exacte, dacă ea se aplică pe caracteristica ridicată a generatorului respectiv. Aproximația ei este însă foarte satisfăcătoare, dacă se întrebuințează caracteristica normalizată.

Mai dificil este de a cunoaște cât mai exact reactanța de dispersiune a generatorului respectiv, totuși influența acestui parametru asupra rezultatului nu este prea mare, având în vedere faptul că reactanța de reacție a indusului, fiind mult mai mare, are preponderență.

Metoda se aplică în general scurtcircuitelor inductive, deoarece se calculează numai cu reactanța căii de scurtcircuit. In cazuri în care rezistența este de același ordin de mărime cu reactanța respectivă, se poate aplica o corecție.

c) *Date necesare* : Caracteristica de mers în gol a generatorilor.

Caracteristica de scurtcircuit sau raportul de scurtcircuit la excitația de mers în gol $m_0 = I_{sc}/I_n$.

Reactanța de dispersiune totală a generatorului.

Reactanțele, respectiv impedanțele elementelor rețelei, inclusiv a transformatorilor și bobinelor de reactanță.

Excitația relativă a generatorului pentru diferite sarcini inductive și capacitive.

d) *Mersul calculului.* Se desenează caracteristica relativă a mașinii, adică $u = f(v)$ în care

$$u = \frac{U}{U_n} \text{ și } v = \frac{I_e}{I_{e0}}. \quad \text{(fig. 5).}$$

Se construește triunghiul căutând pe caracteristică punctul corespunzător tensiunei de dispersiune ε_s care se unește cu punctul dep abscisă corespunzător excitației relative $v_0 = \frac{1}{m_0}$ formând ipotenusa triunghiului (fig. 10).

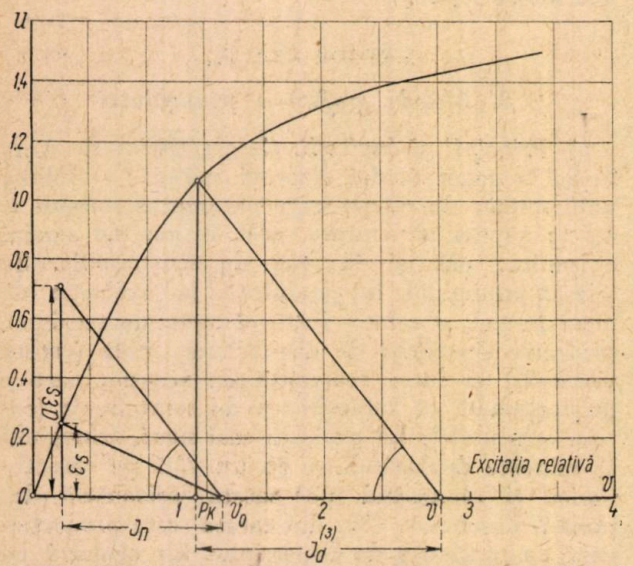


Fig. 10. Calculul grafic al curentului staționar de scurtcircuit trifazic în rețea.

Din datele generatorului, sau în lipsa acestora din formula dela punctul 6 e, se stabilește excitația relativă înainte de scurtcircuit. Dacă din punctul v se trage o paralelă la ipotenusa triunghiului până la întâlnirea caracteristicei, raportul dintre cele două ipotenuse sau dintre catetele orizontale este egal cu raportul dintre curentul de scurtcircuit trifazic staționar la borne și curentul nominal, care determină scara diagramei.

Curentul de scurtcircuit bifazic staționar se obține în același fel (fig. 11) mărind la dublu dispersiunea deci cateta verticală în cele două triunghiuri, pe când scara curenților este cu $\sqrt{3}$ mai mare decât cea din cazul scurtcircuitului trifazic.

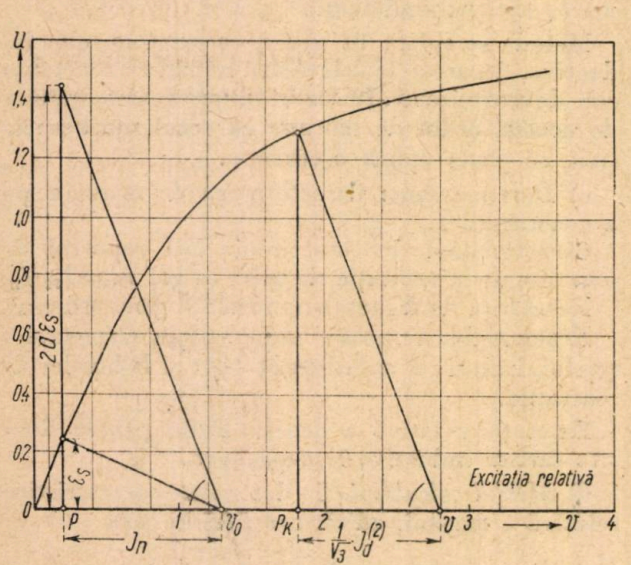


Fig. 11. Calculul grafic al curentului staționar de scurtcircuit bifazic în rețea.

La scurtcircuite trifazice în rețea se stabilește distanța numerică de scurtcircuit a și cateta triunghiului devine $a\varepsilon_s$, restul construcției rămânând același.

La scurtcircuite bifazice în rețea, cateta verticală se mărește în raportul 2 a : 1, iar scara de intensități crește cu $\sqrt{3}$.

Pentru luarea în considerare a rezistenței ohmice a căii de scurtcircuit în cazul când $\sin\psi \geqslant 0{,}8$ cateta verticală se construește pentru distanța de scurtcircuit $a/\sin^2\psi$ scara intensităților mărindu-se în raportul $1/\sin\psi$ unde s'a notat :

$$\sin\psi = \frac{a\,\varepsilon_s}{\sqrt{(a\,\varepsilon_s)^2 + (a_r\,\varepsilon_r)^2}}\,.$$

e) *Erori.* Această metodă grafică nu comportă erori intrinseci dacă se aplică plecând dela datele reale, cu condiția ca circuitul respectiv să fie pur inductiv. Erorile sunt practic neglijabile dacă rezistența neglijată nu este de ordinul de mărime a reactanței. Se pot aduce corecții care micșorează aceste erori, mărind corespunzător reactanța, pentru a lua în considerare influența rezistențelor.

Erori apar de obicei din faptul că nu se cunosc exact toate datele necesare.

f) Avantaje și desavantaje : completări și simplificări. Metoda este intuitivă și relativ ușor de aplicat mai ales pentru rețele cu generatori puțini. Mai multe unități dintr'o centrală se pot înlocui cu o singură unitate echivalentă, dacă caracteristicile sunt apropiate, în acest caz obținându-se o simplificare apreciabilă în schimbul unei precizii mai reduse.

Desavantajul principal al metodei, că nu se poate aplica la calculul curenților inițiali, s'a ridicat în urma unor propuneri pentru a se obține acești curenți tot din caracteristica de mers în gol pe cale grafică. Totuși această propunere comportă cunoașterea unor date ale generatorilor care în mod obișnuit nu sunt cunoscute decât de constructor.

Metoda e pasibilă de simplificări importante și care ușurează mult efectuarea calculelor. Intr'adevăr cum excitația înainte de scurtcircuit se alege deobiceiu egală cu excitația la sarcina nominală și factorul de putere nominal, relația între distanța numerică de scurtcircuit pe deoparte și mărimea triunghiului respectiv, deci a curentului staționar de scurtcircuit pe de altă parte, este univocă și se poate reprezenta printr'o singură curbă, o scară nomografică dublă, sau o tabelă simplă.

Metoda așa cum este expusă, este indicată în cazurile când se calculează des cu diferite excitații ale generatorilor, deci în cazuri de verificări ale unor curenți de scurtcircuit apăruți în condiții date.

9. *Metoda coordonatelor simetrice*

a) *Indicații și principii.* Scurtcircuitul monofazic și punerile la pământ de diferite feluri, introduc în sistemele polifazice disimetrii care nu mai

permit aplicarea unor legi simple pentru obținerea repartizării curenților, nici măcar în rețelele cele mai simple. Faptul că în rețelele de înaltă tensiune neutrul se pune deobicei la pământ, cât și aplicarea reanclanșării rapide pe o fază defectă, impune cunoașterea curenților de scurtcircuit monofazici și a repartizării în sisteme desechilibrate, în caz de defect. Aceste probleme, greu de tratat cu alte metode, se rezolvă în mod convenabil prin aplicarea metodei coordonatelor simetrice.

Principiul de bază al metodei este că orice sistem polifazic desechilibrat se poate transforma într'un număr de sisteme echilibrate egal cu numărul fazelor.

Un sistem de trei vectori A_a, A_b și A_c nesimetrici, adică de mărimi și faze diferite, poate fi înlocuit printr'un sistem de trei vectori egali A_0, A_0, A_0 de succesiune nulă sau omopolară și prin două sisteme de vectori trifazici simetrici A_1, a^2A_1, aA_1 și A_2, aA_2, a^2A_2, primul numindu-se sistem de succesiune directă, celălalt de succesiune inversă, a fiind operatorul $a =$

Sistemul inițial este dat de relațiile :

$$A_a = A_0 + A_1 + A_2$$
$$A_b = A_0 + a^2A_1 + aA_2$$
$$A_c = A_0 + aA_1 + a^2A_2.$$

Valorile componentelor sunt :

$$A_0 = \frac{1}{3}\ (A_a + A_b + A_c)$$
$$A_1 = \frac{1}{3}\ (A_a + aA_b + a^2A_c)$$
$$A_2 = \frac{1}{3}\ (A_a + a^2A_b + aA_c).$$

Litera A poate reprezenta orice vector de tensiune, curent sau sarcină electrică.

Pe baza principiului superpoziției efec elor în sisteme liniare, operațiile ce le suferă sistemul dezechilibrat real se pot reprezenta prin operații corespunzătoare asupra celor trei sisteme simetrice. In speță sunt valabile toate legile electricității pentru fiecare sistem în parte. Curenții respectivi se obțin din legea lui Ohm, ca raport al tensiunilor aplicate și a unor impedanțe corespunzătoare, denumite în sisteme trifazice impedanța directă, inversă și omopolară și care se pot obține prin anumite măsurători, dacă nu sunt indicate de constructori.

b) *Aproximații.* Se neglijează în orice caz influențele inductive între linii diferite, eroarea ce se face prin aceasta fiind mică, chiar în cazul unor desechilibre pronunțate.

In cele trei rețele componente se pot neglija rezistențele ohmice, calculându-se numai cu reactanța când rezistența este mai mică decât jumătate din reactanță, în acest caz renunțându-se bineînțeles la exactitate, în măsura datelor din tabela 2.

c) *Date necesare.* Impedanțele, respectiv reactanțele directe, inverse și omopolare ale tuturor elementelor rețelei. Aceste date se pot calcula pentru linii aeriene sau cabluri și se pot deduce din anumite caracteristici sau constata prin anumite măsurători la mașini și transformatori, dacă nu sunt indicate de constructori.

In afară de aceste date speciale se cere cunoașterea acelorași date în cazul metodelor obișnuite (de exemplu metoda 6).

d) *Mersul calculului.* Calculul curenților de scurtcircuit în rețele trifazice se face după cum urmează :

Se stabilește locul probabil al scurtcircuitului, se descompune apoi rețeaua (dela generatori până la locul defectului) în trei rețele de succesiune directă, inversă și omopolară. Generatorii se consideră toți conectați la aceleași bare colectoare. Impedanțele celor trei faze sunt egale, cu excepția impedanței propriu zisă a defectului.

Notând cu Z_1, Z_2 și Z_0 impedanțele (în ohmi) ale circuitului dela generatori până la defect, în fiecare din rețele, inclusiv impedanțele generatorilor și cu Z_f impedanța defectului, se pot scri următoarele relații, după felul scurtcircuitului :

1. Scurtcircuit monofazic la pământ :

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} = \frac{I_a}{3} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3\,Z_f}$$

unde E_a este tensiunea pe fază a generatorului și Ia_1 — curentul de secvență directă care curge spre defect în faza a; Ia este curentul total care curge spre defect prin faza a. Componentele curentului pentru fazele b și c se deduc direct din relațiile precedente, în felul următor :

$$I_{b_1} = a^2\,I_{a_1} \qquad I_{c_1} = a\,I_{a_1}$$
$$I_{b_2} = a\,I_{a_2} \qquad I_{c_2} = a^2\,I_{a_2}$$
$$I_{b_0} = I_{a_0} \qquad I_{c_0} = I_{a_0}$$

2. Scurtcircuit bifazic (între fazele b și c) :

$$I_{a_1} = -\,I_{a_2} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

și

$$I_{a_0} = 0$$

3. Scurtcircuit bifazic (între fazele *b* și *c*) prin dublă punere la pământ :

$$I_{a_1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_2 \, Z_0}{Z_2 + Z_0}}$$

$$I_{a_2} = - \frac{I_{a1} \cdot Z_2}{Z_2 + Z_0}$$

$$I_{a_0} = - I_{a_1} - I_{a_2}$$

Afară de aceste cazuri, metoda mai permite și calculul unor situații complicate, de ex. : când un scurtcircuit apare concomitent cu întreruperea unei faze, rețeaua fiind simplu sau dublu alimentată, etc.

Mersul calculului pentru stabilirea curenților inițiali și permanenți se face la fel ca la celelalte metode.

Există chiar curbe de decrement care se dau pentru componentele simetrice ale curenților inițiali, astfel încât curenții de rupere se pot determina fără dificultate.

e) *Erori.* Metoda nu are erori intrinseci. Ele pot proveni numai din date neexacte, din neglijarea anumitor date ca a rezistențelor, inducției liniilor, etc. și din greșeli de calcul.

f) *Avantaje și desavantaje.* Metoda este exactă dar laborioasă. Stabilirea reactanțelor inverse și omopolare presupune deobicei efectuarea unor măsurători în instalații, greu de executat în timpul exploatării. Transformarea datelor reale ale rețelei în cele ale rețelelor fictive și transformarea pentru obținerea rezultatelor comportă calcule laborioase, care pot să introducă erori de calcule în rezultate.

Metoda este indicată pentru a lămuri situații în rețele importante în care apar dezechilibre ca puneri la pământ, scurtcircuite monofazice, întreruperi monofazice etc. Deasemeni ea este indicată pentru calculul influenței liniilor de energie și de tracțiune asupra liniilor de telecomunicații.

CONCLUZII

Inainte de a începe un calcul de scurtcircuit se impune a se alege metoda de calcul cea mai potrivită pentru obținerea rezultatelor cerute în limitele de exactitate admisibile.

Scopul calculului trebue să fie bine precizat pentru a se ști ce mărimi (intensități, puteri, etc.), urmează a fi stabilite și cu ce toleranțe. Pe baza acestor date metoda cea mai potrivită se poate alege ușor. In cele ce urmează se dau recomandări în vederea alegerii cât mai rationale a metodei de calcul.

1. *Organizarea datelor*

Datele generatorilor, transformatorilor, bobinelor de reactanță, a liniilor aeriene și subterane ce sunt necesare pentru efectuarea calculelor de scurtcircuit se vor obține din documentația tehnică, din informații dela constructor, eventual prin măsurători. Aceste date se vor introduce pe schemele principiale ale întregei rețele de înaltă tensiune, inclusiv generatorii și stațiile. Se vor întocmi scheme cu indicarea reactanțelor și a rezistenței ohmice, preferabil separat pentru cele ale curenților inițiali și staționari. Este util ca schemele electrice să se redeseneze la scara reactanțelor.

Calculele generatorilor echivalenți și a desfacerii rețelelor buclate în rețele arborescente se pot face odată pentru o rețea existentă și păstra pentru orice calcul ulterior.

2. *Alegerea metodei de calcul*

In funcție de scopul urmărit se aleg metodele de calcul cele mai indicate, ținând seama de exactitatea necesară.

In afară de metodele de calcul expuse mai sus se pot aplica și alte metode similare cu condiția ca ele să fie bine cunoscute și verificate cu una din metodele consacrate.

a) *Dimensionarea întreruptorilor automați și a fuzibilelor de înaltă tensiune în instalații noui* se face pe baza curentului de rupere sau a puterii de rupere în punctul unde întreruptorul sau fuzibilul urmează a fi montat luând în considerare o desvoltare a surselor de energie și a rețelei pe o perioadă de 15—20 ani.

Curentul de rupere se obține din curentul de scurtcircuit inițial, care se poate calcula :

cu pierdere minimă de timp cu metoda 7 ;

cu metoda mai detailată dar consacrată 6.

In cazul când urmează a se aplica întreruptori cu reanclanșarea automată pe o singură fază, se va face apel la metoda 9 a coordonatelor simetrice, pentru calculul curentului inițial monofazat.

b) *Verificarea puterii de rupere a întreruptorilor existenți în rețea* se face în mod expeditiv cu ajutorul metodei 1 a tensiunii constante în rețea, rezultatele fiind în orice caz acoperitoare. In cazul când puterea de rupere rezultată întrece pe cea reală, se va aplica o metodă mai precisă, ca metoda 6 sau 7.

c) *Verificarea instalațiilor* (barelor, aparatajului, etc.) *la rezistență față de forțele electrodinamice ale curenților de scurtcircuit și verificarea întreruptorilor la anclanșare pe scurtcircuit*, se face pe baza

amplitudinei maxime a curentului inițial de scurtcircuit. Aceasta se obține din valoarea inițială eficace care se poate calcula :

pentru scurtcircuite în rețea cu metoda expeditivă 1 ;

pentru scurtcircuite în stații și centrale cu metodele practice 6 sau 7.

In rețele de înaltă tensiune cu neutrul pus la pământ se cere intensitatea maximă a curentului de scurtcircuit monofazat, care se poate obține prin metoda 9 a coordonatelor simetrice.

d) *Verificarea la încălzire a barelor, cablurilor și a aparatelor în caz de scurtcircuit* se face pe baza curenților staționari maximi în punctul respectiv al rețelei.

Curenții staționari se pot calcula :

la generator și în mod aproximativ cu ajutoru metodei expeditive 3 ;

în general cu metoda analitică 6 ;

în cazuri speciale când se cere o precizie mai mare cu ajutorul metodei grafice 8.

e) *Verificarea reglării protecției selective prin relee* se face pe baza curentului de scurtcircuit staționar minim, a curentului de exploatare maxim și a căderii maxime de tensiune în cursul scurtcircuitului.

Curenții staționari de scurtcircuit se pot calcula în acest scop cu metoda practică 6 ;

cu metoda grafică 8, prin care se poate obține și tensiunea reziduală.

In rețele de înaltă tensiune cu neutrul pus la pământ se va face apel la metoda 9 a coordonatelor simetrice.

f) *Verificarea protecției selective într'un anumit caz de scurtcircuit* cere luarea în considerare a tuturor parametrilor care influențează curenții de scurtcircuit.

In acest scop este indicată :

metoda 8 dacă timpul minim de întrerupere întrece 0,25 s ;

metoda 6 în mod general.

g) *Calculul curenților de punere la pământ* a unei rețele se impune la dimensionarea bobinelor sau rezistențelor de punere la pământ și la reglarea protecției sau semnalizării prin relee a punerilor la pământ. In acest scop singura metodă care dă rezultate bune este metoda 9 a coordonatelor simetrice.

3. *Simplificarea metodelor de calcul*

Orice metodă de calcul generală se poate simplifica în cazul aplicării ei la o rețea dată. Multe operațiuni de calcul ce se repetă des se pot pregăti în prealabil, rezultatele fiind înscrise în tabele, sau reprezentate în diagrame sau nomograme.

Nomografia permite a efectua în mod expeditiv calcule complicate ținând seama numai de valorile specifice ale unei instalații date. Aplicarea nomogramelor în calcule de scurtcircuit poate să reducă în mod considerabil timpul de lucru al personalului calificat, întrebuințat în acest scop.

4. *Consemnarea și păstrarea rezultatelor*

Calculele de scurtcircuit se fac deobiceiu pe baza anumitor premize, plecând dela anumite date și pentru o rețea de anumită structură. Spre a se putea beneficia de rezultatele calculate este necesar ca premizele, datele și rezultatele calculelor să fie consemnate în ordine, astfel ca la repetarea sau continuarea calculelor, rezultatele obținute să se poată întrebuința cu folos spre orientare. Este indicat a se întocmi tablouri sau fișe-tip, în care să se consemneze rezultatele oricărui calcul de scurtcircuit efectuat pentru a se putea obține informații cât mai generale de valorile curenților de scurtcircuit într'o rețea dată, valori care sunt necesare unei raționale exploatări a instalațiilor.

In circuite cu impedanțe simetrice, curenții și tensiunile componentelor simetrice nu se influențează reciproc și se pot trata ca acționând separat asupra sistemului respectiv. Complicațiile în calcule se reduc prin faptul că sistemele echilibrate se calculează numai pe o singură fază.

Problemele de stabilitatea mașinilor au influențe numai în sistemul de secvență directă, pe când la problemele înfășurărilor de atenuare se aplică sistemul de secvență inversă. In fine sistemul omopolar este propriu problemelor de punere la pământ.

Bibliografie

1. *Macarovici, I. N.*, Curenți de scurtcircuit și stabilitatea sistemelor electrice funcționând în paralel, G. E. I. Moscova-Leningrad, 1947.
2. *Bloștein, A. A.*, și *Ulianov L. A.*, Metode pentru reducerea curenților de scurtcircuit. Stațiile electrice (1935), Nr. 7.
3. *Glazunov, A. A.*, Rețelele sistemelor electrice, G. E. I. Moscova — Leningrad, 1947.
4. *Ulianov, S. A.*, și *Șvager V. I.*, Calculul curenților de scurtcircuit, ținând seama de funcționarea automată a regulatorilor de tensiune. Electricestvo (1939) 10 și (1940), 5.
5. *Venicov, V. A.*, și *Ulianov S. A.* Metodă de aproximație în calculul curenților de scurtcircuit, ținând seama de pendulările generatorilor. Electricestvo (1946), 2.
6. *Jdanov, P. S.*, Despre componentele simetrice. Electricestvo (1945), 9.
7. *Gorodschii, D. A.*, Studiul regimului de scurtcircuit bifazic. Electricestvo (1945), 8.
8. *Atabecov, G. I.*, Schemele echivalente pentru curenții și tensiuni de fază ale componentelor simetrice. Stațiile electrice (1946), 3.

9. *Margolin, N. F.*, Curenţii de punere la pământ. G.E.I. Moscova — Leningrad, 1947.

10. *Ulianov, S. A.*, Scurtcircuite în sistemele electrice, G, E. I., Moscova — Leningrad, 1949.

11. *Cernin, A. B.*, Metoda liniarizării caracteristicii pentru calculul curentului de scurtcircuit. Electricestvo (1935), 4.

12. *Rozenberg, B. I.*, şi Costenco, M. V., Calculul curenţilor de scurtcircuit prin metoda cu două s'au trei surse. Electricestvo, (1937).

13. *Rozenberg, B. I.*, şi Costenco, M. V. Metodă de aproximaţie pentru calulul curecnţilor de scurtcircuit şi a curbelor de decrement în cazul reglajului automat al tensiunii. Electricestvo (1938), 3.

14. *Săromiatnicov, U. A.*, Calculul curenţilor de scurtcircuit ţinând seama de rezistenţa ohmică. Staţiile electrice (1938), 7.

15. *Avramescu, A. şi Militaru P.*, Calculul grafic al curenţilor de scurt-circuit. Rev. tehn. AGIR — Electricitatea 2 (1948), 6, 269 — 280; 3 (1949) 1, 17—30.

★

МЕТОДЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Резюме

Указывается на роль и важность знания токов короткого замыкания в сети, в связи с работами по электрификации страны. Расчеты токов короткого замыкания нужные для выявления механических и термических требованнй установок основываются на простых принципах, но всетаки являются трудными.

В этой работе указывается что в зависимости от желаемой точности результатов, могут быть сделанны упрощения которые облегчают расчеты. Выбор самого подходящего метода для данной цели является очень важным. Ввиду этого, очень полезно знать различные методы, их преимущества и недостатки, а также точность которую они представляют, с тою целью чтобы возможно было рекомендовать самый подходящий метод. Расчетные методы подразделяются, базируясь на точности и легкости расчетов, на методы: скоростные, практические и точные. Далее, излагаются девять главных расчетных методов, указывая допущения которые делаются, преимущества и недостатки.

В заключение даются указания для организаций данных, выбора расчетного метода в зависимости от требуемой точности и преследуемой цели. Указываются возможности для упрощения и комбинирования различных методов и необходимость учета полученных результатов.

★

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

ASUPRA TEORIEI MULTIPLICATORILOR POLIFAZICI DE FRECVENŢĂ*)

L. L. ROJANSCHI

Candidat în ştiinţe tehnice Inst. Politehnic „Lenin" din Harkov.

Multiplicatorii polifazici de frecvenţă se realizează sub formă de grup de m transformatori monofazici saturaţi, alimentaţi dela un sistem de tensiune cu m faze, ale cărui înfăşurări primare sunt conectate în stea, iar cele secundare — în poligon deschis.

La capetele poligonului apare tensiunea cu frecvenţa multiplicată de m ori în raport cu cea de bază (fig. 1). Astfel de multiplicatori de frecvenţă funcţionează fără magnetizarea oţelului prin curent continuu şi permit multiplicarea frecvenţei de un număr important de ori.

Metodele grafice ale calculului lor au fost propuse de Stein (L. 1, 4). Insă teoria lui Stein duce la ecuaţii aplicate, care trebue să fie rezolvate grafic.

Rezolvarea este dată doar pentru cazul particular al multiplicării de ordinul trei a frecvenţei. Afară de complicaţia practică, o astfel de metodă de cercetare este incomodă. Deşi permite determinarea caracteristicei multiplicatorului deja construit, nu dă însă bază pentru alegerea parametrilor multiplicatorilor în funcţie de condiţiile sarcinii date.

Mai jos, se expune metoda calculului analitic al multiplicatorilor polifazici de frecvenţă, elaborată de noi, metodă utilă pentru orice multiplicare şi orice sarcină. Pentru calculele practice, metoda aceasta poate fi simplificată. In stare simplificată, ea permite obţinerea unui raport necesar pentru proiectarea rațională a multiplicatorilor, printre care şi a multiplicatorilor de frecvenţă de ordinul 2, după parametri de sarcină daţi (L. 3,6).

La baza metodei este pusă expresia curbei de magnetizare exprimată cu ajutorul sinusului hiperbolic :

$$H = \alpha \operatorname{sh} \beta B. \qquad (1)$$

Coeficienţii α şi β pot fi determinaţi după curba

*) Din „Electricestvo", 5 (1951), 57.

de magnetizare, luată în curent continuu, după curba mersului în gol al transformatorului respectiv. In ultimul caz, coeficienții se determină prin metoda expusă în (L. 2).

Vom scrie ecuațiile echilibrului magnetic pentru fiecare din transformatorii multiplicatorului și le vom aduna*). Curentul secundar îl socotim pur sinusoidal. Raportul între curentul și tensiunea părții cu frecvență înaltă va avea forma (aplicația 1):

$$mw_m \sqrt{2}\, I_m = \alpha l \left[\operatorname{sh} R_m \sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{ch} \left(R_a \cos k \frac{2\pi}{m} \right) + \right.$$

$$\left. + \operatorname{ch} R_m = \sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{sh} \left(R_a \cos k \frac{2\pi}{m} \right) \right] \qquad (2)$$

în care:

$$R_m = \beta B_m,\ R_a = \beta B_a;$$

l — lungimea liniei de forțe medii;

B_a, B_m — valoarea maximă a inducției armonicei de bază și a celei de ordinul m.

După inducția dată a părții de joasă frecvență, adică în cazul când R_a este cunoscut, ecuația permite să se determine curentul părții de înaltă frecvență în cazul oricărei tensiuni U_m. Cu alte cuvinte, ea permite construcția caracteristicei „exterioare" a multiplicatorului.

Punând $R_m = 0$ vom obține ecuația pentru determinarea curentului de scurt circuit I_{mk}:

$$mw_m \sqrt{2}\, I_{mk} = \alpha l \sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{sh} \left(R_a \cos k \frac{2\pi}{m} \right). \qquad (3)$$

Punând $I_m = 0$, vom obține ecuația pentru determinarea tensiunii mersului în gol a multiplicatorului:

$$\operatorname{th} R_{m0} = \frac{\sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{sh} \left(R_a \cos k \frac{2\pi}{m} \right)}{\sum_{k=0}^{q=m-1} \operatorname{ch} \left(R_a \cos k \frac{2\pi}{m} \right)}. \qquad (4)$$

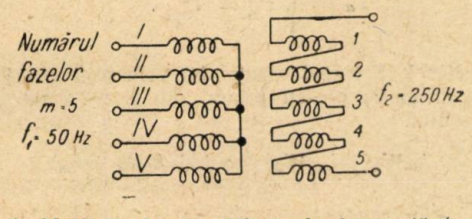


Fig. 1. Multiplicatorul polifazic de frecvență ($m = 5$).

Numărul de fază. Ecuațiile (2) și (4) sunt juste, dacă amplitudinile fluxurilor părții de joasă frecvență Φ_a și ale părții de înaltă frecvență Φ_m coincid ca fază sau sunt decalate cu 180°. Aceasta are loc în timpul mersului în gol și în cazul unei sarcini pur reactive a multiplicatorului, iar pentru $m = 3, 7, 11$, etc. decalajul este egal cu zero. In cazul unei sarcini ohmice sau mixte, multiplicatorul dă, și prin urmare și consumă, o putere utilă. Intre amplitudinile fluxurilor Φ_a și Φ_m apare decalajul fazelor. Acest lucru este arătat în fig. 2, în care pentru momentul de timp, egal cu zero, sunt reunite diagramele circulare pentru mărimile care au perioada 2π (Φ_a, I_a) și mărimile cu perioada $\frac{2\pi}{m}$ (Φ_m, I_m, U_m). Desenul se referă la un multiplicator de ordinul 3; pentru multiplicatorul de ordinul 5 Φ_a și I_a, vor modifica direcția cu 180°, γ înseamnă unghiul între Φ_m și Φ_{m0}.

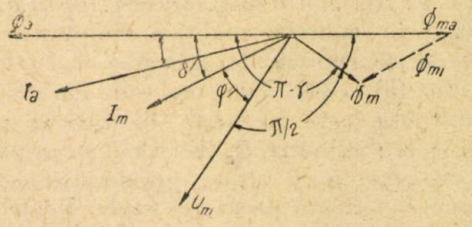


Fig. 2. Diagrama multiplicatorului pentru $t = 0$.

Pentru sarcina ohmică și mixtă vom obține ecuația multiplicatorului sub forma (aplicația II):

$$mw_m \sqrt{2}\, I_m \sin(\varphi + \gamma) =$$

$$= \alpha l \left[(\operatorname{sh}(R_m \cos\gamma) \sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{ch} \left(R_a \cos k \right) \frac{2\pi}{m} + \right.$$

$$\left. = \operatorname{ch}(R_m \cos\gamma) \sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{sh} \left(R_a \cos k \frac{2\pi}{m} \right) \right]. \qquad (5)$$

Metoda de calcul propusă a fost aplicată multiplicatorului de frecvență de ordinul 5 compus din cinci transformatori monofazici, care a fost studiat experimental în laboratorul H.E.T.I.

In aplicația 3 sunt arătate comparațiile rezultatelor calculului cu practica. O comparație identică a fost efectuată pentru multiplicatorul de ordinul 3 studiat de N. N. Rucavisnicov și N. P. Ermolin (L. I.).

Metoda de calcul simplificată. Multiplicatorul de frecvență poate fi examinat ca un generator cu tensiunea mersului în gol U_{m0}, curentul de scurt circuit I_{mk} și rezistență interioară

$$x_m = \frac{U_{m0}}{I_{mk}}. \qquad (6)$$

Atunci pentru sarcina R curentul va fi de exemplu:

$$I_m = \frac{U_{m0}}{\sqrt{R^2 + x_m^2}}.$$

O astfel de simplificare a fost propusă de un număr de autori (L, 3, 4, 5), care au determinat U_{z0} și I_{zk} (s'au examinat numai multiplicatorii de ordinul 3) cu ajutorul analizei armonice ale

*) Vom neglija rezistența activă a înfășurărilor transformatorilor, fluxurile de dispersie și pierderile din oțel.

curbelor curentului de magnetizare și tensiunii mersului în gol. Această metodă de calcul nu poate fi socotită strict întemeiată, întrucât presupune, că coeficientul de proporționalitate între curentul sarcinii și fluxul creat de el — este o mărime constantă care nu depinde de sarcină. Totuși, ea este destul de simplă și dă o precizie satisfăcătoare. Socotim util ca pentru calculele practice, mai ales ale celor preliminare, să se folosească această metodă simplificată într'o formă oarecum modificată și anume — de a nu recurge la analiza armonică destul de greoaie, ci să se folosească pentru determinarea lui U_{m_0} și I_{mk} ecuațiile (3) și (4) deduse mai sus. In acest caz, calculul devine extrem de simplu pentru orice ordin de multiplicare. In fig. 5 și 9 sunt arătate rezultatele calculului prin metoda analitică simplificată, care permit să se recomande aplicarea ei cu folosirea ecuațiilor (3) și (4). Vom mai sublinia aci încă o circumstanță care vorbește în folosul metodei simplificate: inducția B_a de calcul în urma neglijării dispersiunii și altor aproximații acceptate, este mai superioară decât cea reală. Pentru introducerea corecției este necesar (L. 7) ca inducția de calcul să se reducă cu câteva procente (5—6).

Această reducere se manifestă cu mult mai puternic asupra rezultatului calculului, decât admiterile metodei simplificate și nu se știe dacă este util să se folosească calculul destul de greu caracteristicei exterioare după (L. 7), după acceptarea drept bază a calculului mărimii inducției armonice de bază reduse arbitrar.

Curentul părții de joasă frecvență. Curentul părții de joasă frecvență atinge valoarea maximă în cazul scurtcircuitării părții secundare a multiplicatorului. Această mărime prezintă adesea un mare interes, întrucât este important de știut intensitatea curentului cu care va fi încărcată sursa de alimentare a multiplicatorului.

In cazul scurtcircuitării părții secundare, fluxul din oțelul multiplicatorului va fi sinusoidal. Valoarea efectivă a curentului magnetizat I_0 poate fi determinată în acest caz ca (L. 2):

$$I_0 = \frac{\alpha l}{\sqrt{2}\, W_a} \sqrt{J_0(2R_a) - 1}, \qquad (7)$$

în care $J_0(2R_a)$ este funcția lui Bessel de ordinul zero al argumentului imaginar.

Intrucât a m^a armonică a curentului are loc în înfășurarea scurtcircuitată a multiplicatorului, în înfășurarea primară curentul va fi:

$$I_{ak} = \sqrt{I_0^2 - I^2_{mk_n}}. \qquad (8)$$

în care I_{mk_n}, este curentul scurtcircuitării armonicei de ordinul m, redus la înfășurarea primară și egal cu:

$$I_{mk_n} = I_{mk} \frac{W_m}{W_a}. \qquad (9)$$

Pentru determinarea curentului primar în timpul încărcării multiplicatorului sau în timpul mersului în gol, când există a m^a armonică a fluxului, ne vom folosi de expresia pentru tensiunea efectivă a câmpului:

$$\frac{H_{ef}}{\alpha} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \mathrm{sh}^2\, \beta B d\,(\omega t)}. \qquad (10)$$

In cazul sarcinii multiplicatorului

$$\frac{H}{\alpha} = \mathrm{sh}\,\beta \left[B_a \cos \omega t + B_m \cos (m\,\omega t + \gamma) \right]. \qquad (11)$$

Substituind în (10) valoarea lui B din (11) reprezentând funcțiile hiperbolice sub forma lui Fourier, a cărui coeficienți vor fi funcțiile lui Bessel al argumentului imaginar (L. 7) și efectuând integrarea, vom ajunge la expresia pentru H_{ef}:

$$\frac{H_{ef}}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left[J_0(2R_a)\, J_0(2R_m) + \sum_{n=0}^{n=\infty} (1-)^n J_{mn} (2R_a)\, J_n(2R_m) \cos n\gamma \right] - 1}, \qquad (12)$$

în care n este parametrul de totalizare; m multiplul înmulțirii frecvenței:

$$R_a = \beta B_a \text{ și } Rm = \beta Bm.$$

In cazul mersului în gol ($\gamma = 0$):

$$\frac{H_{ef}}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left[J_0(2R_a)\, J_0(2R_m) + 2 \sum_{n=0}^{n=\infty} (-1)^n J_{mn} (2R_a)\, J_n(2R_m) \right] - 1}. \qquad (13)$$

In cazul scurtcircuitării părții secundare: [$R_m = 0$, $J_0(2R_m) = 1$] ecuația (12) sau (13) trece în (7).

După ecuația (12), H_{ef} se determină la orice sarcină, în care caz valorile lui γ se iau din ecuația (18), iar apoi curentul magnetizat corespunzător I'_0. Pentru obținerea valorii curentului părții primare a multiplicatorului este necesar ca analog ecuației (8), să se scadă curentul redus al armoniei am^a, care trece prin înfășurarea secundară a multiplicatorului:

$$I_a = \sqrt{I'^2_0 - I^2_{mn}}. \qquad (14)$$

Aplicația 1. Folosind ecuația (1) vom scrie ecuația echilibrului magnetic pentru primul din transformatorii multiplicatorului.

$$i_a W_a + i_m W_m = \alpha\, l\, \mathrm{sh}\,\beta\,(b_a + b_m). \qquad (15$$

în care:

i_a — valoarea instantanee a curentului părții de joasă frecvență, egală cu suma valorilor instantanee a tuturor armonicelor curentului, afară de a m^a și multiplii lui m;

i_m — valoarea instantanee a curentului părții de înaltă frecvență;

W_a, W_m — numerele de spire ale înfășurărilor unui transformator corespunzător părții primare și secundare;

b_a — valoarea instantanee a armonicei fundamentale de inducție;

b_m — valoarea instantanee a armonicei a m^a de inducţie (armonicele $3m$, $5m$, etc. se neglijează).

Introducând

$$b_a = B_a \cos \omega t$$

şi

$$b_m = B_m \cos \omega i$$

şi notând

$$\beta B_a = R_a \quad \text{şi} \quad \beta B_m = R_m, \tag{16}$$

vom obţine pentru primul transformator:

$$\sqrt{2}\, I_a W_a \cos \omega t + \sqrt{2}\, I_m w_m \cos m\omega t = \alpha l \operatorname{sh} (R_a \cos \omega t + R_m \cos m\omega t).$$

Pentru transformatorul al doilea:

$$\sqrt{2}\, I_a w_a \cos (\omega t + \frac{2\pi}{m}) + \sqrt{2}\, I_m w_m \cos m\omega t =$$

$$= \alpha l \operatorname{sh} \left[(R_a \cos (\omega t + \frac{2\pi}{m}) + R_m \cos m\omega t \right], \text{ etc.}$$

Numărul de m ecuaţii obţinut în acest mod se însumează. Suma primilor termeni ai părţilor din stânga va da zero. Totalizând şi punând $t = 0$, vom obţine ecuaţia (2).

Aplicaţia **2.** Cum se vede din fig. 2, unghiul iniţial δ (când $t = 0$) între curentul I_m şi direcţia fluxului Φ_a poate fi exprimat, ca $\pi - \gamma - \frac{\pi}{2} - \varphi$, în care φ este unghiul decalajului fazelor între tensiune şi curentul părţii de înaltă frecvenţă, determinat de sarcină. Unghiul iniţial pentru curentul I_a este ales arbitrar şi notat în fig. 2 prin ε. Atunci ecuaţiile echilibrului magnetic în cazul unei sarcini mixte vor căpăta forma:

$$\sqrt{2}\, I_a w_a \cos (\omega t + \varepsilon) + \sqrt{2}\, I_m w_m \cos (m\omega t - \gamma) + \frac{\pi}{2} - \varphi = \alpha l \operatorname{sh} \left[R_a \cos \omega t + R_m \cos (m\omega t - \gamma) \right];$$

$$\sqrt{2}\, I_a w_a \cos (\omega t + \frac{2\pi}{m} + \varepsilon) + \sqrt{2}\, I_m w_m \cos (m\omega t - \gamma + \frac{\pi}{2} - \varphi) = \alpha l \operatorname{sh} \left[R_a \cos (\omega t + \frac{2\pi}{m}) + R_m \cos (m\omega t - \gamma) \right], \text{ etc.} \tag{17}$$

Să însumăm părţile din stânga şi dreapta ale celor m ecuaţii obţinute în acest mod. La însumare, primii termeni ai părţilor din stânga vor da zero, independent de valoarea numerică a unghiului ε.

Însumând şi punând $t = 0$, vom obţine ecuaţia (5). Când $\gamma = 0$ şi prin urmare $\varphi = \frac{\pi}{2}$, ecuaţia (5) trece în (2). Pentru rezolvarea ecuaţiei (5) trebue cunoscută pentru orice sarcină, unghiurile φ şi γ. Unghiul φ se determină ca arc tg $\frac{x}{R}$, în care x şi R sunt rezistenţele reactive şi active ale sarcinii. Valoarea unghiului γ depinde de φ şi de valoarea absolută a rezistenţei totale a sarcinii. Ea se determină din fig. 2, în care fluxul Φ_m este reprezentat, ca sumă geometrică a fluxului mersului în gol a armonicei m_a Φ_{mo} (se determină după ecuaţia (4)) şi a fluxului Φ_{mi} creat de curentul sarcinii I_m. Fluxul Φ_{mi} este îndreptat după I_m în virtutea aproximaţiilor acceptate de noi (neglijarea pierderilor din oţel). Diagrama corespunde unei valori determinate a sarcinii; unei alte valori a ei îi vor corespunde alte valori ale lui Φ_m şi γ şi un alt coeficient de proporţionalitate între I_m şi Φ_{mi}. Din fig. 2 după teoria sinusurilor:

$$\frac{\Phi_m}{\sin (90 - \varphi - \gamma)} = \frac{\Phi_{mo}}{\sin (90 + \varphi)}$$

de unde

$$\cos (\gamma + \varphi) = \cos \varphi \frac{U_m}{U_{mo}}, \tag{18}$$

iar când $\varphi = 0$ (sarcină ohmică

$$\cos \gamma = \frac{U_m}{U_{mo}}. \tag{19}$$

In acest mod, dând diferite valori pentru U_m, determinăm γ după ecuaţiile (18) sau (19). Unghiul φ trebue să fie dat, iar U_{mo} se găseşte din ecuaţia (4). Apoi pentru U_m respectiv determinăm R_m şi substituind în ecuaţia (5) valorile lui R_m şi γ găsim curentul I_m corespunzător lui U_m respectiv.

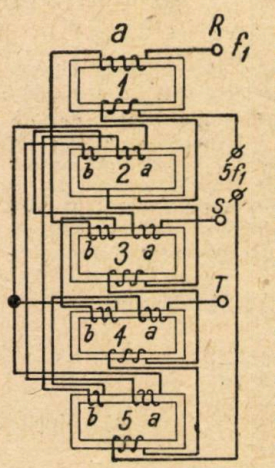


Fig. 3. Schema multiplicatorului de frecvenţă de ordinul 5.

Trebue avut în vedere că metoda de calcul este generală pentru orice ordin de multiplicare, din care cauză la orice m trebue ca la R_{mo}, să se ia semnul minus. cum cere ecuaţia (4), iar unghiul γ va fi totdeauna mai mic de 90° în cazul sarcinii şi egal cu zero în cazul mersului în gol. Unghiul φ are semnul plus în cazul sarcinii inductive.

Aplicaţia **3.** Exemplul de calcul. Multiplicatorul de frecvenţă de ordinul 5 a fost montat după schemă (fig. 3) care permite să se cumuleze transformarea fazelor cu multiplicarea frecvenţei, adică să ne lipsim de dispozitive suplimentare pentru transformarea curentului trifazic în curent cu 5 faze (L. 3). In tabelă sunt arătate relaţiile necesare între numerele de spire ale unor înfăşurări izolate, în fig. 4 este dată diagrama potenţială a multiplicatorului.

Numărul transformatorului	1	2 5	3 4
Numerele relative ale spirelor: înfăşurările *a* (fig. 3)	1	0,858	0,678
înfăşurările *b*	0	0,24	0,47

Pentru determinarea tensiunii părţii de joasă frecvenţă U_a, după care se găseşte R_a, în fig. 4 sunt reprezentate componentele tensiunii de fază ale fazei *1* cu luarea în considerare a decalajului de 72° între fazele sistemului de cinci

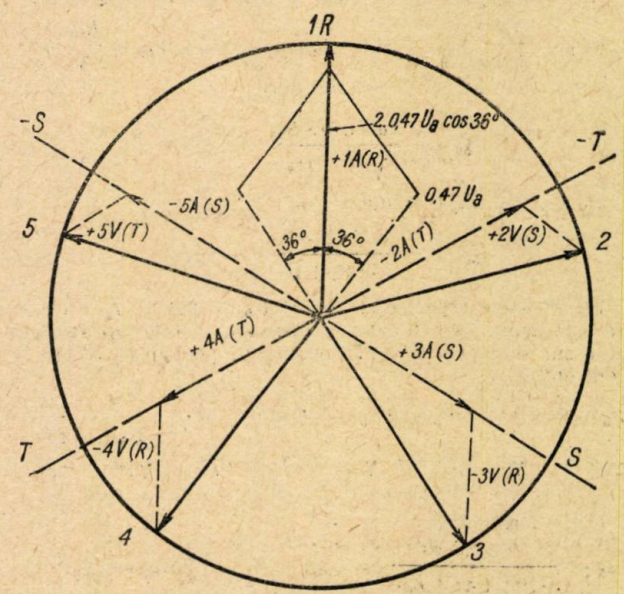


Fig. 4. Diagrama potenţială a multiplicatorului de frecvenţă

faze şi a acelui considerent, că spirele înfăşurărilor *b* ale transformatorilor *3* şi *4* sunt conectate opus spirelor înfăşurării *a* a transformatorului *1*. Cifrele 1 şi 0,47 (tabela) indică numerele relative ale spirelor înfăşurărilor.

Din fig. 4 vom obţine :

$$2 \cdot 0{,}47\ U_a \cos 36^0 + U_a = \frac{U_e}{\sqrt{3}}$$

de unde $U_a = 0{,}328\ U_1$.

Cum vedem, U_a constitue doar o parte a tensiunii pe faze $\frac{U_e}{\sqrt{3}}$ a sistemului trifazic.

Pentru fiecare din transformatorii care intră în schemă, numărul de spire ale înfăşurării secundare W_m este egal cu 192, secţiunea miezurilor 12,25 cm², lungimea liniei de forţă medii 40 cm. Numărul spirelor înfăşurării *a*, a primului transformator W_a, luat drept unitate, a fost egal cu 150, iar spirele înfăşurărilor restului de transformatori s'au determinat după tabelă : tensiunea de linie s'a menţinut egală cu 250 V, prin urmare U_a a fost 82,5 V. Multiplicatorul de frecvenţă s'a cercetat la sarcini inductive capacitive şi mixte (R şi C legate paralel).

Ecuaţia curbei de magnetizare a oţelului transformatorului a avut forma (L. 3) :

$$H = 0{,}0675 \operatorname{sh} \frac{B}{2\ 120}.$$

Determinăm amplitudinea inducţiei frecvenţei fundamentale :

$$B_a = \frac{0{,}328\ U_l \sqrt{2} \cdot 10^8}{\omega_a w S} = \frac{0{,}328 \cdot 250 \cdot 1{,}41 \cdot 10^8}{314 \cdot 150 \cdot 12{,}25} =$$

$$= 20\,200 \text{ gauşi.}$$

Găsim

$$B_a = \beta B_a = 9{,}55.$$

Determinăm B_{50} după formula (4). Intrucât $m = 5$, atunci $\frac{2\pi}{m} = 72^0$

$$\sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{sh}\left(B_a \cos k \frac{2\pi}{m}\right) = \operatorname{sh} B_a + 2 \operatorname{sh}(B_a \cos 72^0) - 2 \operatorname{sh}(B_a \cos 36^0) = 7030 +$$

$$+ 2 \cdot 9{,}6 - 2 \cdot 1135 \approx 4780;$$

$$\sum_{k=0}^{k=m-1} \operatorname{ch}\left(B_a \cos k \frac{2\pi}{m}\right) = \operatorname{ch} B_a + \operatorname{ch}(B_a + \operatorname{ch}(B_a \cos 72^0) +$$

$$+ 2 \operatorname{ch}(B_a \cos 36^0) = 7030 + 2 \cdot 9{,}6 + 2 \cdot 1135 \approx 9320;$$

$$\operatorname{th} B_{50} = \frac{4780}{9320} = -0{,}514;\quad B_{50} = -0{,}57;\quad B_{50} = \frac{B_{50}}{\beta} =$$

$$= 1208 \text{ gauşi}$$

$$U_{50} = \frac{5 \omega_5 w_5 S B_{50}}{\sqrt{2} \cdot 10^8} = 158 \text{ V}.$$

Găsim I_{5k} după formula (3) :

$$I_{5k} = \frac{0{,}0675 \cdot 40 \cdot 4780}{5 \cdot 192 \cdot 1{,}41} = 9{,}53 \text{A}.$$

După datele experienţei (fig. 5) $U_{50} = 160$ V, $I_{5k} = 8{,}7$ A. Să construim caracteristica exterioară a multiplicatorului în cazul sarcinii active. De exemplu, pentru $U_5 = 120$ V vom obţine :

$$B_5 = 916 \text{ gauşi};\ B_5 = \beta B_5 = -0{,}432;\ \cos \gamma = \frac{U_5}{U_{50}} = \frac{120}{159} =$$

$$= 0.756;\ \gamma = 41^0;\ \sin \gamma = 0{,}656;\ B_5 \cos \gamma = -0{,}327;$$

$$\operatorname{sh}(-0{,}327) = -0{,}33;\ \operatorname{ch}(-0{,}327) = 1{,}06.$$

După formula (5) :

$$I_5 = \frac{0{,}0675 \cdot 40}{5 \cdot 192 \cdot 1{,}41 \cdot 0{,}656}(-0{,}33 \cdot 9320 + 1{,}06 \cdot 4780) = 6{,}1 \text{ A}.$$

Conform experienţei $I_5 = 5$ A.

În mod analog determinăm pe I_5 pentru alte valori ale lui U_5. Rezultatele calculului sunt arătate în fig. 5 (curba 2). Curba *1* dă rezultatul experienţei. Prin metoda simplificată, la U_{50} şi I_{5k}, determinate după ecuaţiile (3) şi (4) vom obţine :

$$x_5 = \frac{U_{50}}{I_{5k}} = \frac{159}{9{,}53} = 16{,}65 \text{ ohmi};$$

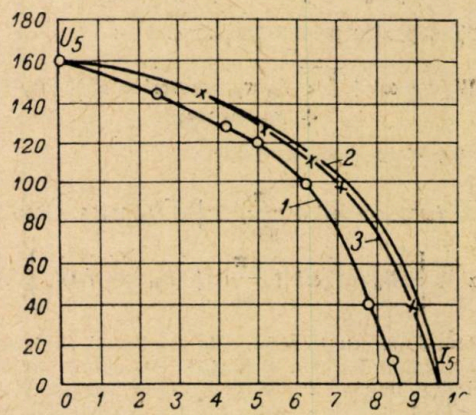


Fig. 5. Caracteristica exterioară a multiplicatorului ($m=5$) în cazul sarcinii ohmice :

1 curba experimentală ; *2* calculul după metoda analitică ; *3* după metoda simplificată

In cazul rezistenţei sarcinii $R = 24$ ohmi şi a corespunzătorului $U_5 = 120$ V, vom găsi :

$$I_5 = \frac{U_{50}}{\sqrt{R_5^2 + x_5^2}} = 5{,}8 \text{ A}.$$

Curba *3* din rezultatele calculului prin metoda simplificată.

Să construim caracteristica exterioară pentru sarcina reactivă, folosind ecuaţia (2). Presupunând pe R_5 egal cu $-0{,}1$ $-0{,}2$; $-0{,}3$, etc, [este luat semnul minus după cum rezultă din ecuaţia (4)], construim relaţia $R_5\ (U_5) = f\ (I_5)$. Rezultatele calculului sunt arătate în fig. 6 prin linia punctată. Linia continuă prezintă datele experimentale pentru sarcinele inductive şi capacitative. In fig. 6 sunt

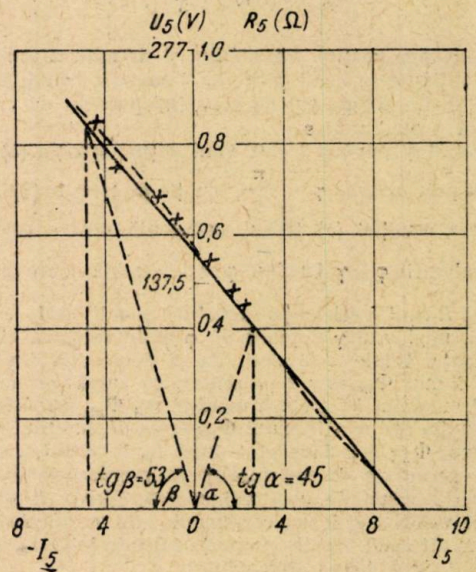


Fig. 6. Caracteristica exterioară a multiplicatorului ($m=5$) în cazul unei sarcini reactive.

arătate determinările grafice ale lui I_5 şi U_5. O construcţie este efectuată pentru $X_1 = 45$ ohmi. Obţinem $U_5 = 115$ V, $I_5 = 2{,}5$ A (linia punctată) ; date experimentale : $U_5 = 120$ V, $I_5 = 2{,}3$ A. Pentru $X_c = 53$ ohmi ($C = 12$ mkF) obţinem

$U_5 = 230$ V, $I_5 = 4{,}8$ A; date experimentale: $U_5 = 232$ V, $I_5 = 5$ A. Prin cruciuliţe în fig. 6 sunt notate punctele obţinute prin metoda simplificată de calcul.

Să mai determinăm şi intensitatea curentului primar în cazul scurtcircuitării înfăşurării secundare, folosind formulele (7) — (9).

După formula (7)

$$I_0 = \frac{\alpha l}{\sqrt{2}} \sqrt{J_0(2R_a) - 1} = \frac{0{,}0675 \cdot 40}{1{,}41} \times \sqrt{J_0(19{,}1) - 1} =$$

$$= 53{,}8 \text{ A.}$$

Curentul secundar redus la primar:

$$I_{mk} \frac{W_m}{W_a} = 9{,}53 \frac{192}{150} = 12{,}2 \text{ A.}$$

Curentul primar

$$I_{ak} = \sqrt{I_0^2 - I_{mk_n}^2} = 52{,}5 \text{ A.}$$

Din practică

$$I_{ak} = 45 \text{ A.}$$

Amănunţit, studiul multiplicatorului este expus în (L. 3). In literatura de specialitate lipsesc aproape complet date despre multiplicatorii de frecvenţă de ordinul 5. Nu este lipsit de interes din această cauză, să arătăm unele caracteristici ale multiplicatorului (fig. 7). In fig. 7: P_2 — puterea cedată; P_1 — puterea totală aparentă a tuturor celor 5 faze; x — coeficientul de putere la intrare.

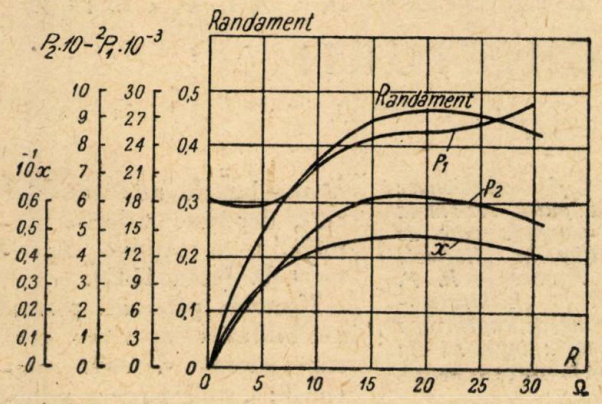


Fig. 7. Caracteristicile multiplicatorului de frecvenţă (m=5) în cazul sarcinii active.

In concluzie, vom arăta rezultatele calculului de verificare a multiplicatorului de ordinul 3, studiat de Rucavişnicov şi Ermilov (L 1).

Datele multiplicatorului de ordinul 3: secţiunea miezului $S = 73$ cm², lungimea liniei de forţă medii $l = 105{,}4$ cm²; numărul de spire ale înfăşurării primare 30, ale celei secundare 58, inducţia maximă $B_a = 18\,000$ gauşi, amperspirele maxime 22.500.

Ecuaţia curbei de magnetizare va avea aspectul următor (L. 3):

$$aW = 184 \text{ sh} \frac{B}{3\,270}.$$

Să determinăm tensiunea mersului în gol al multiplicatorului de ordinul 3.

Avem:

$$R_a = \beta B_a = 5{,}52; \text{ sh } R_a \approx \text{ch } R_a = 124{,}9; \text{ sh } \frac{R_a}{2} \approx$$

$$\approx \text{ch } \frac{R_a}{2} = 7{,}9.$$

După (4) găsim:

$$\text{th } R_{30} = -\frac{\text{sh } R_a - 2 \text{ sh } \frac{R_a}{2}}{\text{ch } R_a + 2 \text{ ch } \frac{R_a}{2}} = -0{,}777;$$

$$R_{30} = -3{,}04; \; B_{30} = \frac{R_{30}}{\beta} = 3390 \text{ gauşi;}$$

$$U_{30} = \frac{3 w_3 B_{30} S_{w3}}{\sqrt{2} \cdot 10^8} = 287 \text{ V.}$$

Prin metoda grafică (după Stein) s'a obţinut $B_{30} = 3\,550$ gauşi; $U_{30} = 300$ V. Experienţa a dat $U_{30} = 290$ V.

Să determinăm curentul de scurt circuit după formula (3):

$$I_{3k} = \frac{\alpha l (\text{sh } R_a - 2 \text{ sh } \frac{R_a}{2})}{3 w_3 \sqrt{2}} = 82 \text{ A.}$$

Prin metoda grafică s'a obţinut $I_{3k} = 89$ A. Experienţa a dat $I_{3k} = 79$ A.

Să examinăm cazul sarcinii inductive (fig. 8).

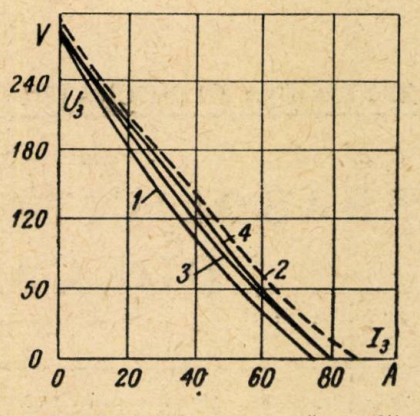


Fig. 8. Caracteristica exterioară a multiplicatorului de frecvenţă de ordinul 3, în cazul sarcinii inductive.

Luăm $U_3 = 180$ V. Pentru acest punct $B_3 = 2\,120$ gauşi; $R_3 = -0{,}648$; sh $R_3 = -0{,}69$; ch $R_3 = 1{,}215$

După formula (2)

$$I_3 = \frac{184 (-0{,}69 \cdot 140{,}7 + 1{,}215 \cdot 109{,}1)}{3{,}58 \cdot 141} = 26{,}7 \text{ A.}$$

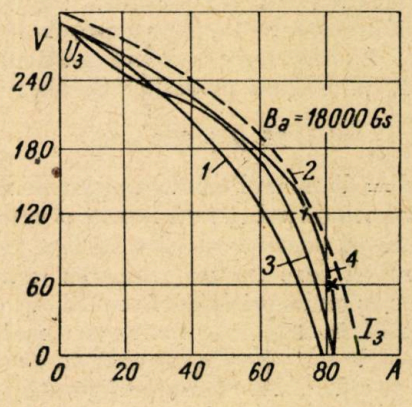


Fig. 9. Caracteristica exterioară a multiplicatorului de frecvenţă de ordinul 3 în cazul sarcinii active.

Prin metoda grafică s'a obţinut (curba 2) $I_1 = 32$ A, experienţa a dat (curba 1) $I_3 = 26{,}9$ A. Curbele 1 şi 2 sunt luate din lucrarea lui Rucavişnicov şi Ermofin. Curba 3 dă rezultatul calculului după formula (2).

Prin metoda simplificată vom găsi (curba *4*)

$$I_s = \frac{U_{s0}}{X_s + X_L} = \frac{287}{3{,}5 + 6{,}7} = 28{,}1 \text{ A.}$$

Aci $X_L = 6{,}7$ este determinat după curba *1* prin împărţirea lui $U_s = 180$ V la curentul corespunzător : 180 : 26,9 A

$$X_s = \frac{287}{82} = 3{,}5 \text{ ohmi.}$$

Să examinăm cazul sarcinii active (fig. 9).

Curbele *1* şi *2* sunt luate din lucrarea lui Rucavişnicov şi Ermolin. Vom lua punctele $U_s = 120$ V ($R = 1{,}97$ ohmi. Găsim $R_s = -0{,}437$

$$\cos\gamma = \frac{U_s}{U_{s0}} = \frac{120}{287} = 0{,}419\,;\ \sin\gamma = 1{,}908\,;\ R_s\cos\gamma = -0{,}183\,;\ \mathrm{Sh}(-0{,}183) = -0{,}183\,;\ \mathrm{Ch}(-0{,}183) = 1{,}02.$$

După formula (5)

$$I_s = \frac{184}{3{,}58 \cdot 1{,}41 \cdot 0{,}908}(-183 \cdot 140{,}7 + 1{,}02 \cdot 109{,}1) = 64 \text{ A.}$$

Prin metoda grafică s'a obţiunt $I_s = 76$ A, experienţa a dat $I_s = 61$ A.

Metoda simplificată dă :

$$I_s = \frac{U_{s0}}{\sqrt{X_s^2 + R_s^2}} = \frac{287}{\sqrt{3{,}5^2 + 1{,}97^2}} = 71{,}5 \text{ A.}$$

Aci R_s s'a obţinut prin împărţirea lui U_s la valoarea corespunzătoare a curentului I_s după curba I : 120 : 61.

In fig. 9 curbele *3* şi *4* dau rezultatele calculului după formulele (5) şi (19) şi metoda simplificată.

Bibliografie

Rucavişnicov N. N., Ermolin P. N., Multiplicarea frecvenţei cu ajutorul transformatorilor. Electricesvo, 5 (1935).

Osoveţ M. C. Bobinele de saturaţie. Electricesvo, 5 (1948).

Bessonov A. L., Circuite electrice cu oţel. Gosenergoizdat, 1948.

★

DIN EXPERIENŢA DEMOCRAŢIILOR POPULARE

SUPRASOLICITAREA LINIILOR AERIENE DIN CAUZA CHICIURII

FRANCISC RONKAY

Autorul tratează problemele de dimensionare a liniilor aeriene pentru a putea rezista la suprasolicitări adică la sarcinile date de chiciură peste cele stabilite în „Normele pentru liniile aeriene" în vigoare în R. P. Ungară. Articolul publicat în „Elektrotechnica", 5 (1949) este foarte actual, cuprinzând date interesante şi utile pentru inginerii din energetică şi pe care le redăm în cele ce urmează.

Un element din cele mai importante pentru stabilirea rezistenţei mecanice necesare liniilor aeriene este sarcina de chiciură. Prescripţiile pentru liniile aeriene indică sarcina adiţională de care trebue ţinut seama la dimensionarea conductorilor pentru o temperatură de — 5°C. Solicitarea conductorului la această temperatură nu trebue să depăşească limita admisă, care cuprinde şi sarcina adiţională. La calcularea sarcinii adiţionale, normele din R. P. Ungară prescriu formula :

$$Z = 25\ d + 325 \text{ g/m}$$

în care : d = diametrul conductorului în mm.

Această formulă indică însă numai o valoare medie ; dar uneori poate apare şi o sarcină pe care o dă chiciura şi care întrece valoarea admisibilă. Astfel, în regiunile prielnice formării de chiciură şi în deosebi în regiunile muntoase, mai înalte, unde masele de aer care vin saturate cu vapori sunt nevoite a se ridica din cauza configuraţiei geografice a regiunii, sarcina dată de chiciură poate atinge o valoare multiplă a celei admisibile.

Graficul din fig. 1 arată sarcinile care pot fi date de chiciură în funcţie de diametrul conductorului, atât după normele ungare (MEE), cât şi după cele germane (VDE). In acelaş grafic, sunt arătate şi rezultatele măsurătorilor care depăşesc valorile normale, la o staţiune experimentală (cota 1142).

Normele prescriu pentru posibilitatea apariţiei unei suprasarcini datorită chiciurii : „solicitarea conductorilor la o sarcină adiţională peste cea admisă nu trebue să corespundă în timp de acalmie unei solicitări mai

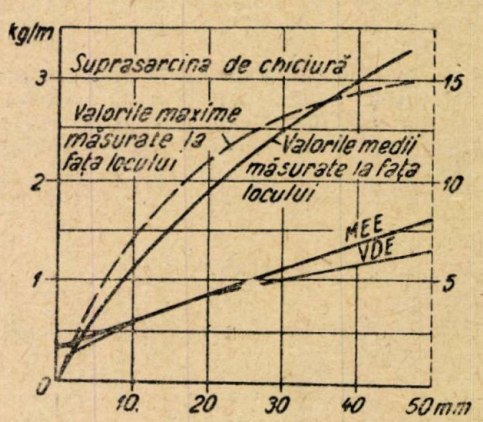


Fig. 1

mari decât cea corespunzătoare rezistenţei de durată a lor".

Verificarea conductorilor la o sarcină cauzată de chiciură, care depășește considerabil valoarea admisibilă se recomandă în special la acele linii aeriene, la care nu există posibilitate de topire a chiciurii. O asemenea chiciură se formează însă rar ; în general chiciura se topește repede din cauza schimbării temperaturii, așa că este deajuns să se examineze numai solicitările puțin mai mari decât „rezistența de durată", despre care este vorba în normele amintite. Dealtfel, aceste norme arată valoarea „rezistenței de durată" pentru fiecare material din care se fabrică conductorii, înțelegându-se ca această solicitare să nu rupă conductorul decât numai după un an.

Nu se poate determina în prealabil cu cât suprasarcina dată de chiciură va întrece valoarea admisibilă. O cumpănire justă a considerentelor economice, mai ales în regiuni cu chiciură pronunțată, recomandă însă stabilirea „siguranței la chiciură" la o valoare cât mai mare. Siguranța la chiciură n este raportul numeric între sarcinile conductorilor corespunzând la rezistența de durată Z_t și sarcina dată de chiciură Z_0, deci

$$n = \frac{Z_t}{Z_0}.$$

La liniile aeriene care nu sunt prevăzute cu instalații de topire a chiciurii, este indicat să se stabilească aceeași valoare pentru siguranța la chiciură pentru diferiți conductori montați pe același stâlp, adică atât firele de protecție cât și conductorii de energie. Calcularea rezistenței mecanice a stâlpului se va face în aceleași condiții.

In cazul liniilor lungi de telecomuncicații, prevăzute cu instalații de topire a chiciurii, se recomandă, pentru firul de protecție, alegerea unei siguranțe la chiciură mai mare decât pentru conductor, căci altfel instalația de topire a chiciurii, care comportă cheltueli mari de investiție, nu-și atinge pe deplin scopul, deoarece ruperea eventuală a firului de protecție ar putea cauza deranjamente în distribuirea energiei.

In studiul de față se dă o tabelă și un calcul simplu pentru stabilirea siguranței la chiciură a liniilor aeriene. Pentru determinarea acestei siguranțe la conductorii de diferite materiale folosite în mod obișnuit la fabricarea conductorilor, sunt suficiente familiile de curbe din prescripții, fără a mai fi nevoie de alte calcule. Din unele din aceste curbe, siguranța la chiciură se poate citi direct în funcție de deschidere și secțiune. Cu ajutorul unei alte grupe de curbe se poate determina deschiderile și secțiunile corespunzătoare unei anumite siguranțe la chiciură.

La liniile aeriene dimensionate potrivit prescripțiilor, cea mai mare solicitare apare în cazul sarcinei normale date de chiciură la — 5°C, dacă deschiderea este mai mare decât deschiderea numită critică. Dacă deschiderea este sub valoarea critică, solicitarea maximă admisă apare la — 20°C ; la o temperatură de — 5°C numai o suprasarcină de chiciură, care depășește valoarea admisibilă, va solicita conductorul la rezistența maximă admisă. Acest din urmă caz este deci mai favorabil din punctul de vedere al primejdiei prezentată de chiciură.

In articolul de față autorul studiază numai principiile de bază ale determinării siguranței la chiciură și arată calculul general al siguranței și în cazul când deschiderea este sub valoarea critică.

Greutatea proprie și sarcina dată de chiciură dau conductorului o formă numită „curba lănțișorului" ; față de săgețile relativ mici ale liniilor aeriene, ecuația acestei curbe se poate înlocui, cu oarecare aproximație, cu primii doi termeni ai funcției hiperbolice, desvoltată în serie, deci cu o parabolă de gradul doi.

Admițând această formă parabolică, variația unității de lungime a conductorului datorită dilatării cauzate de schimbarea de temperatură, precum și datorită tensiunii mecanice, este dată de ecuația

$$\frac{8}{3}(\beta^2 - \beta_0^2) = \alpha(t - t_0) + \frac{\sigma - \sigma_0}{E}. \qquad (1)$$

Această ecuație de stare arată relația dintre temperatură, săgeată și solicitările specifice la tracțiune (β este săgeata raportată la unitatea de lungime, α = coeficientul de dilatație termică a conductorului, t = temperatura, σ = solicitarea specifică, iar E = modulul de elasticitate al conductorului).

Săgeata specifică poate fi dedusă din greutatea specifică, deschiderea dintre stâlpi și solicitarea la tracțiune, cu ajutorul relațiilor dintre momente, potrivit fig. 2.

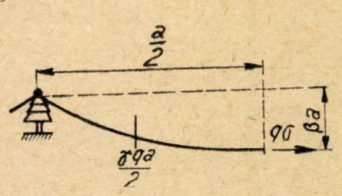


Fig. 2

$$q\,\sigma\,\beta\,a = \frac{q\gamma a}{2}\,\frac{a}{4} \qquad (2)$$

unde a este deschiderea, q este secțiunea conductorului, γ este greutatea lui specifică. Săgeata specifică dedusă din această ecuație de echilibru este

$$\beta = \frac{a\gamma}{8\sigma}. \qquad (3)$$

Dacă din ecuația (1) cu ajutorul relației dela (3), se elimină săgeata specifică, atunci pentru greutatea specifică căreia îi corespunde o solicitare a conductorului egală cu rezistența de durată (E fiind considerat constant) rezultă expresia (4) :

$$\gamma_{t_2} = \left[\frac{24\sigma_t^2}{a^2}\left((t_t - t_0)\,\alpha + \frac{\sigma_t - \sigma_0}{E}\right) + \gamma_0^2\frac{\sigma_t^2}{\sigma_0^2}\right]^{\frac{1}{2}}. \qquad (4)$$

Aceste expresii sunt valabile în forma lor originală numai dacă se exprimă toți termenii în același sistem de unități. Dacă se întrebuințează însă unitățile de măsură obișnuite în lucrările care tratează despre liniile aeriene, atunci aceste formule urmează să fie înmulțite cu factorul 10 la puterea corespunzătoare.

Dimensiunile folosite în general sunt :

Solicitarea specifică la tracțiune	σ	kg/mm²
Modulul de elasticitate	E	kg/cm²
Greutatea specifică	γ	kg/dm³
Deschiderea	a	m
Secțiunea conductorului	q	mm²
Diametrul conductorului	d	mm
Temperatura	t	°C
Coeficientul de dilatare termică	α	°C⁻¹
Săgeata specifică	β	%

Mărimile care au indicele zero corespund solicitării normale admise, iar cele cu indicele t reprezintă valorile conductorului supus efortului corespunzător rezistenței de durată. Greutatea specifică a conductorului încărcat cu chiciură raportată la greutatea specifică a conductorului este numită greutatea specifică a chiciurii și are indicele z.

Folosind dimensiunile și indicii arătați, relațile (3) și (4) devin de forma (3 *a*) și 4 *a*).

Săgeata specifică în procente din deschidere este deci :

$$\beta = \frac{a\gamma}{80\,\sigma} \qquad (3\,a)$$

Greutatea specifică a chiciurii corespunzând rezistenței de durată a conductorului este :

$$\gamma_{tz} = \left\{ \frac{24\,\sigma_t^2}{a^2} \left[(t_1 - t_0)\,\alpha + \frac{\sigma_t - \sigma_0}{E} 10^2 \right] 10^6 + \right.$$
$$\left. + \gamma_0^2 \frac{\sigma_t^2}{\sigma_0^2} \right\}^{\frac{1}{2}} . \qquad (4\,a)$$

Temperatura chiciurii se ia în medie de —5°C, precrisă și în norme ; temperatura t_0 este aceea la care conductorul fără sarcină adițională trebue să desvolte rezistența specifică σ_0 admisă la tracțiune. La liniile aeriene dimensionate după norme, această temperatură, la deschideri mai mici ca valoare critică, este de — 20°C sau mai scăzută și se numește temperatură critică inferioară. La această temperatură, solicitarea conductorului fără sarcină adițională este la fel de mare ca și la solicitarea cu sarcină adițională normală, la — 5°C. Temperatura critică inferioară poate fi determinată din ecuația generală, ca o funcție a diametrului depinzând de sarcina adițională normală, greutatea specifică și deschidere.

La temperatura critică inferioară, solicitarea la tracțiunea fără chiciură fiind egală cu valoarea solicitării admise, dispare termenul al doilea din partea dreaptă a ecuației generale de stare, astfel că $\sigma = \sigma_0$. Temperatura inferioară devine

$$t_{acr} = -\frac{8}{3}\frac{1}{\alpha}(\beta_{0z}^2 = \beta_0^2)\,10^{-4} + t \qquad (5)$$

în care :

$$\beta_{0z} = \frac{\gamma_{0z}\,a}{80\,\sigma_0} .$$

este săgeata ce apare la sarcina adițională prescrisă. Greutatea specifică de chiciură pentru solicitarea admisă, dată de sarcina adițională normală, se determină cu ajutorul relației

$$\gamma_{0z} = \frac{25\,d + 325}{\gamma} + \gamma_0 . \qquad (6)$$

In expresia (5) valoarea β_0 este săgeata care corespunde temperaturii critice inferioare, adică

$$\beta_0 = \frac{\gamma_0\,a}{80\,\sigma_0}$$

și $t = -5$°C este temperatura de regim în timpul formării chiciurii.

Inlocuind pe β_{0z}, B_0 și t în ecuația (5) rezultă :

$$t_{acr} = -\frac{a^2}{24\,\alpha\,\sigma_0^2}(\gamma_{0z}^2 - \gamma_0^2)\,10^{-6} - 5 . \qquad (7)$$

Din formula (7) se poate determina deschiderea critică, substituind pe $t_{acr} = -20$ °C

$$a_{cr} = 19\,\sigma_0 \left[\frac{\alpha}{\gamma_{0z}^2 - \gamma_0^2} \right]^{\frac{1}{2}} 10^3 . \qquad (8)$$

In tabela 1 sunt redate deschiderile critice pentru cele mai importante materiale folosite pentru conductorii de linii aeriene.

Tabela 1

A. *Secțiuni*											
q nom mm²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
q ef mm²	15,9	24,2	34,4	49,5	65,8	93,3	116,9	147,1	181,6	236	299,4
Deschiderea critică											
Cupru	40,8	53,6	66,6	82,2	95,4	113,5	126	139	153	171	187
Cupru cu cadmiu	50	65,8	81,7	100,5	116,8	138	154,5	170	188	210	229,5
Bronz	54,3	71,6	88,6	109	126,6	151	167,5	183	204	227	249
Aluminiu	20,6	28,2	37,1	46,9	55,9	69,4	79,2	89,3	99,6	113,5	127,6
Al înobilat	32,4	44,4	58,4	73,9	88,2	109,1	124,5	140,5	157	178,6	200,6
Oțel I	71	93,4	116,3	145	165,8	200	222	246	270	301	334
Oțel II	106,5	140	175	217,5	248,2	300	318	369	405	452	500
B. *Secțiuni*											
q nom mm²	16	25	40	55	80	—	110	150	200	250	300
q ef mm²	18,8	30,36	46,24	65,72	93,24	—	132,62	181,04	230,60	284,63	344,35
Deschidere critică											
Oțel Al	32,2	45,5	60,6	70,4	91,2	—	110,8	130	146	160,5	174,5

Determinarea deschiderii critice este importantă în cazul de faţă pentrucă se poate aplica în mod raţional relaţia (4 *a*) numai dacă se stabileşte în prealabil că în cazul dat deschiderea este mai mare sau mai mică decât valoarea critică. Dacă este mai mică, atunci solicitarea maximă admisă, fără chiciură, apare la — 20°C, deci substituind pe $t_0 = -20$ cu $t = -5$, formula poate fi aplicată imediat. Dacă deschiderea este mai mare decât cea critică, atunci solicitarea maximă admisă apare la temperatura critică inferioară ce este sub temperatura de —20°C, deci în acest caz în locul lui t se foloseşte expresia (5).

Cu aceste substituiri şi unele aranjări, ecuaţia (4 *a*) se poate scrie sub formele următoare :

Dacă $a < a_{cr}$, atunci :

$$\gamma_{tz} = \left[\frac{24\,\sigma_t^2}{a^2} \left(15\,\alpha + \frac{\sigma_t - \sigma_0}{E}\right) 10^2 + 10^6 + \gamma_0^2 \frac{\sigma_t^2}{\sigma_0^2} \right]^{\frac{1}{2}} . \qquad (9)$$

cele mai importante materiale de linii, sunt cuprinse în tabela 2, iar cele ale constantei D în tabela 3.

Tabela 2

Constantele A, B şi C

	A	B	C
Cupru	$29{,}9 \cdot 10^6$	183	$16{,}1 \cdot 10^6$
Cupru cu cadmiu	$100{,}10^6$	284	$88{,}7 \cdot 10^6$
Bronz	$129{,}4\ 10^6$	291	$115{,}2 \cdot 10^6$
Aluminiu	$2{,}14\ 10^6$	16	$1{,}3\ 10^6$
Al înobilat	$25{,}3 \cdot 10^6$	28,6	$21{,}2 \cdot 10^6$
Oţel aluminiu	$14{,}2 \cdot 10^6$	42,6	$11{,}5 \cdot 10^6$
Oţel I	$366\ 10^6$	268	$342\ 10^6$
Oţel II	$1220\ 10^6$	268	$1158 \cdot 10^6$

Cunoscând pe γ_{tz} siguranţa la chiciură se poate determina după relaţia (11)

$$n = \frac{\gamma_{tz} - \gamma_0}{\gamma_{0z} - \gamma_0} . \qquad (11)$$

Constantele A, B şi C variază cu materialul, iar constanta D — dat fiind că aceasta conţine şi greutatea specifică a chiciurii — variază cu materialul şi secţiunea. De aici urmează că diferitele materiale de linii suportă în măsură diferită supraîncărcarea de chiciură.

Tabela 3

CONSTANTA D

Pentru diferitele materiale şi diametre

q nom mm²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
q ef mm²	15,9	24,2	34,4	49,5	65,8	93,3	116,9	147,1	181,6	236	299,4
Cupru	3060	1855	1263	900	716	560	486	432	388	349	321
Cupru cu cadmiu	4740	2860	1960	1390	1110	869	750	670	600	540	496
Bronz	4800	2900	1980	1410	1120	880	728	678	608	547	503
Aluminiu	1975	1060	618	395	281	189	148,5	120	100	79,3	67
Al înobilat	3880	2080	1215	775	552	372	292	236	195	158,5	132
Oţel II şi I	5320	3190	2140	1480	1195	910	785	688	616	548	496
q nom mm²	16	25	40	55	80	—	110	150	200	250	300
q ef mm²	18,8	30,36	46,24	65,72	93,24	—	132,62	181,04	230,60	280,63	344,35
Oţel Al	2630	1336	776	525	365	—	261	201,5	168,8	143,5	130,8

Dacă $a > a_{cr}$, atunci :

$$\gamma_{tz} = \left[\frac{24\,\sigma_t^2 (\sigma_t - \sigma_0)}{a^2 E} 10^8 + \gamma_{0z}^2 \frac{\sigma_t^2}{\sigma_0^2} \right]^{\frac{1}{2}} . \qquad (10)$$

Expresiile (9) şi (10) capătă formele simple (9 *a*) şi (10 *a*) dacă se introduc constante depinzând de materialul dat,

Dacă $a < a_{cr}$, atunci $\gamma_{tz} = \left[\frac{A}{a^2} + B \right]^{\frac{1}{2}}$ (9 *a*)

Dacă $a > a_{cr}$, atunci $\gamma_{tz} = \left[\frac{C}{a^2} + D \right]^{\frac{1}{2}}$ (10 *a*)

unde

$$A = 24\,\sigma_t^2 \left(15\,\alpha + \frac{\sigma_t - \sigma_0}{E} \right) 10^6$$

$$B = \gamma_0^2 \frac{\sigma_t^2}{\sigma_0^2}$$

$$C = 24\,\sigma_t^2 (\sigma t - \sigma_0) \frac{1}{E} 10^8$$

$$D = \gamma_{0z}^2 \frac{\sigma_t^2}{\sigma_0^2}$$

Constantele A, B şi C, calculate din aceste relaţii şi care sunt valorile caracteristice normale pentru

Ordonatele curbelor din fig. 3 arată siguranţa la chiciură, aşa că din figură se poate citi raportul

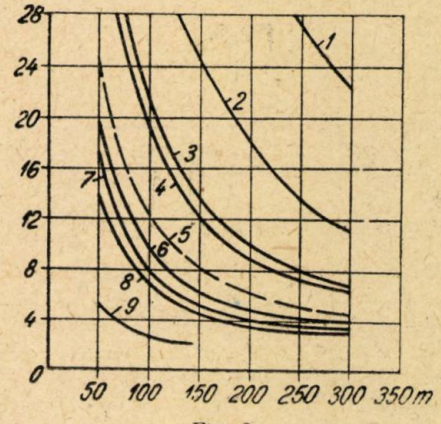


Fig. 3.

dintre solicitarea normală cauzată de chiciură şi valoarea rezistenţei la durată. Curbele dau siguranţa la chiciură în funcţie de deschidere pentru secţiunea

150 mm²; excepție face curba oțelului *I* indicată cu linia întreruptă, care corespunde la o secțiune de 35 mm².

Pentru sarcini ale căror valori sunt multipli ai sarcinii date de chiciura normală, săgeata liniilor solicitate la rezistența de durată este mai mare decât în cazul chiciurii numită „normală". Deaceea este just să se extindă cercetarea cu ajutorul relației:

$$\beta_t = \frac{a\,\gamma_{tz}}{80\,\sigma_t}$$

și asupra săgeții.

Din fig. 4, se poate vedea că pentru diferitele materiale de linii, încărcate până la valoarea rezistenței de durată, săgeata capătă valori mai mari în cazul încărcării cu chiciură. Această figură dă în mod general curbele caracteristice în funcție de deschidere pentru secțiunea de 150 mm². Curba trasată cu linii întrerupte dă valoarea săgeții firului de oțel *I* de 35 mm².

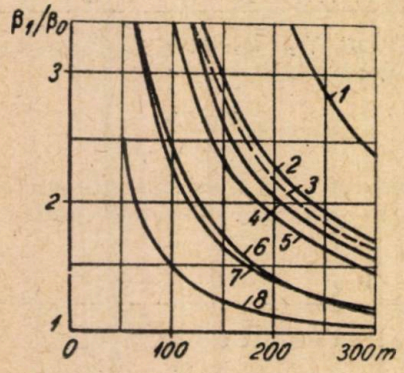


Fig. 4.

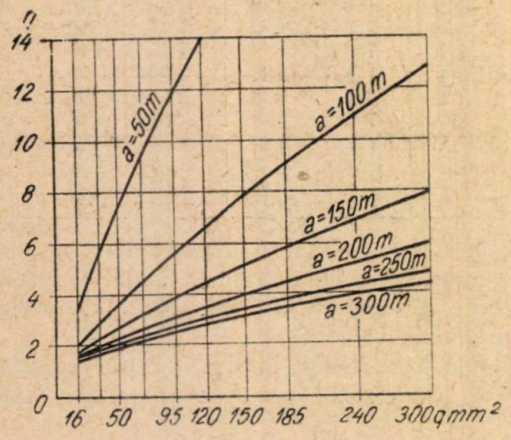


Fig. 5

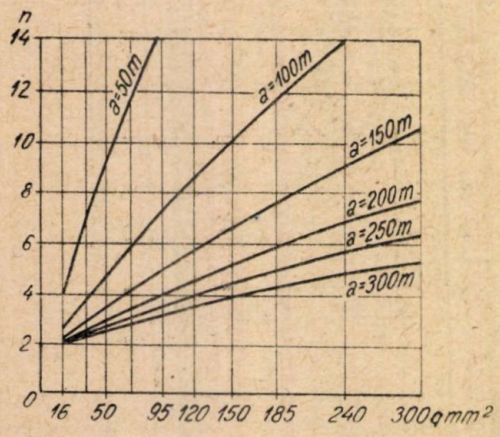


Fig. 6

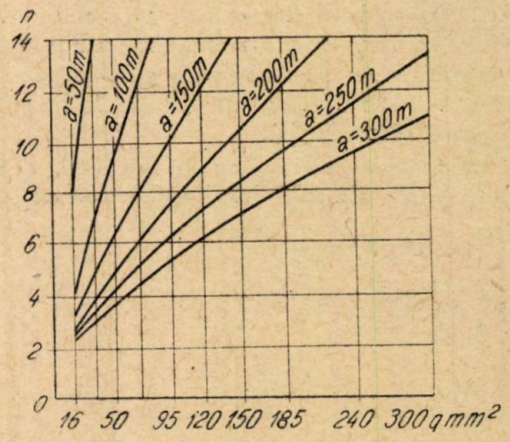


Fig. 7

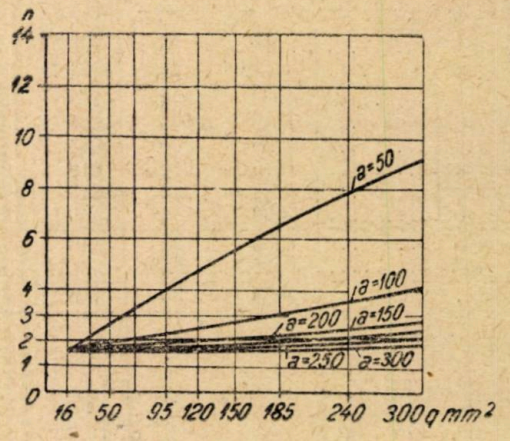


Fig. 8

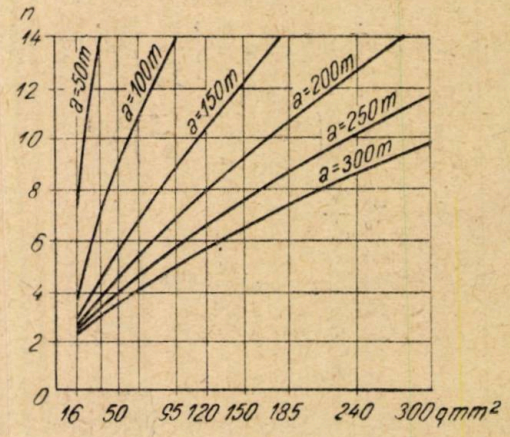


Fig. 9

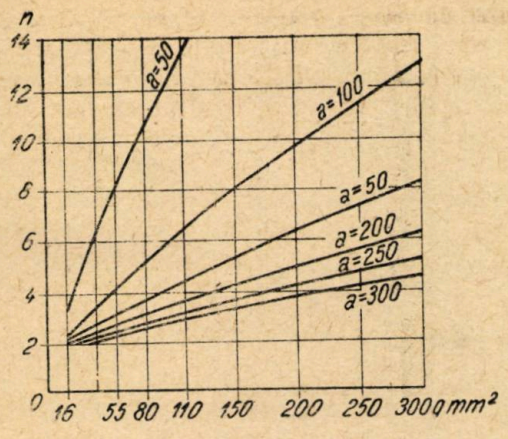


Fig. 10

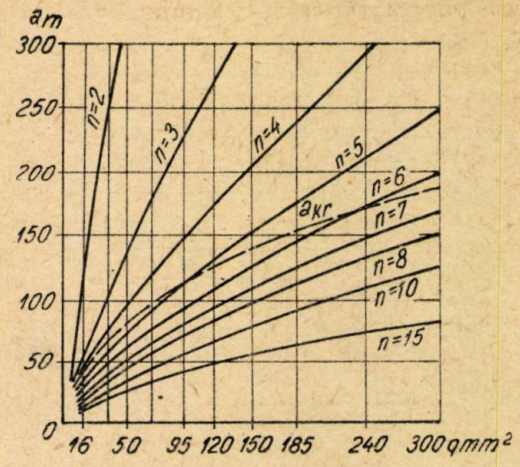


Fig. 13

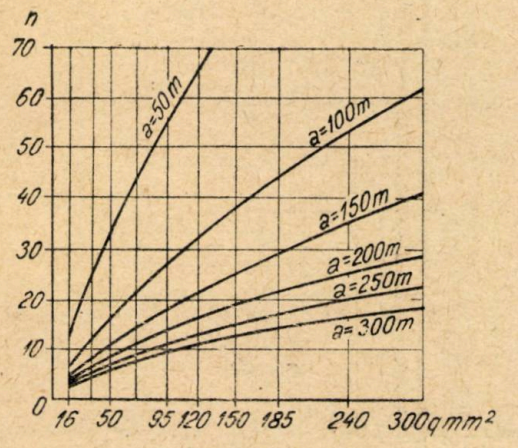


Fig. 11

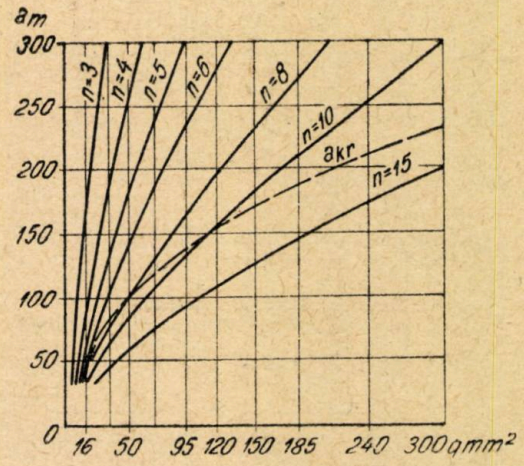


Fig. 14

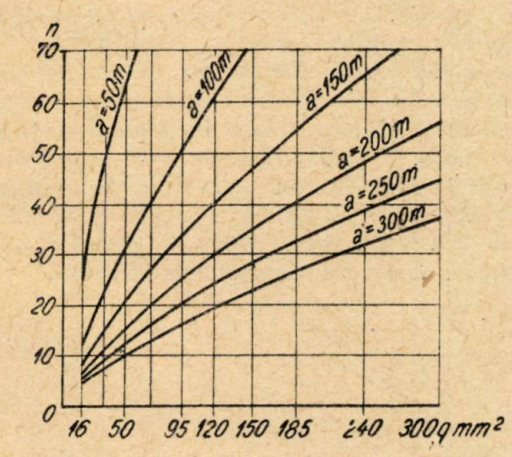


Fig. 12

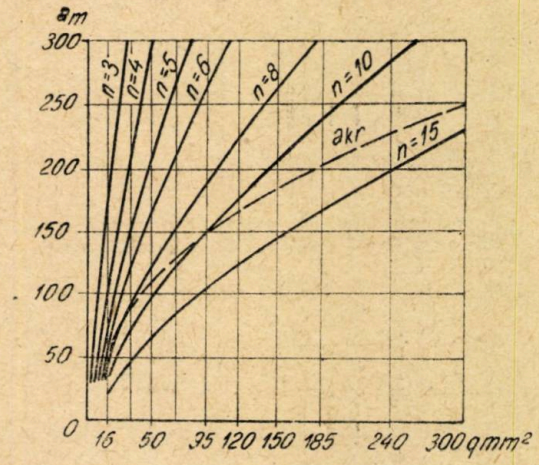


Fig. 15

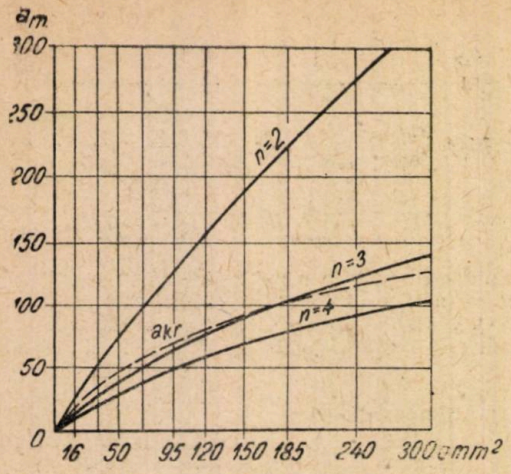


Fig. 16

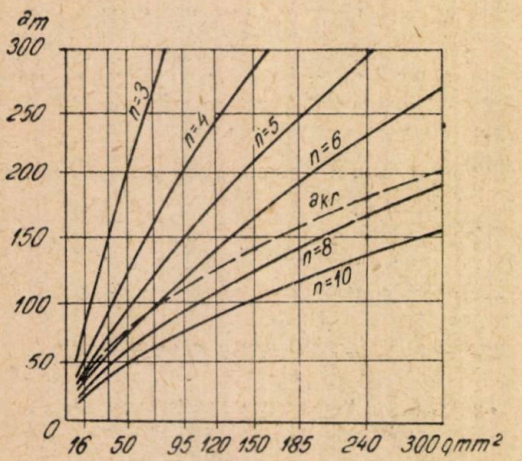


Fig. 17

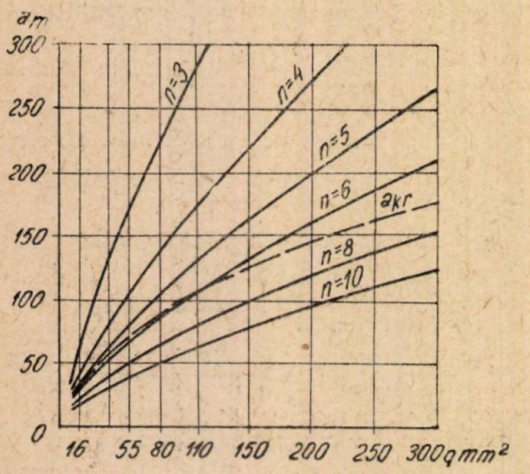


Fig. 18

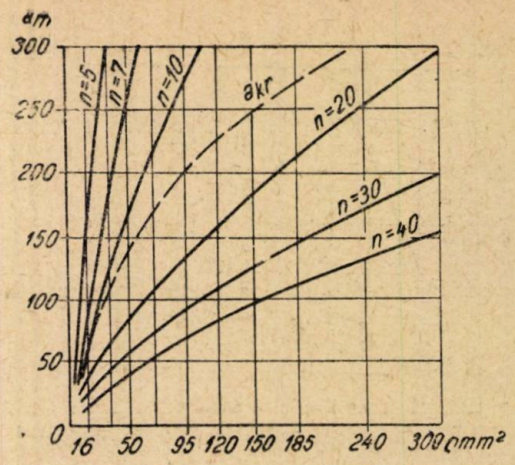


Fig. 19

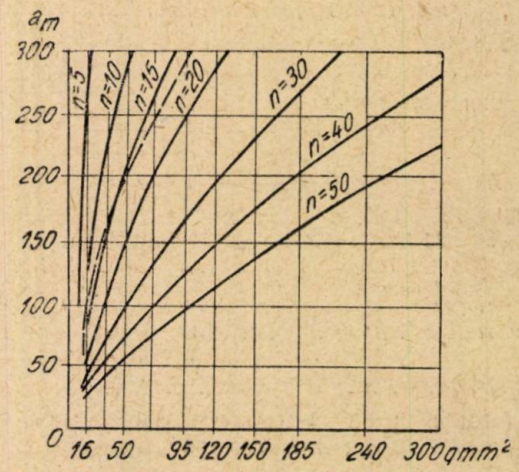


Fig. 20

Pentru suportarea sarcinii dată de chiciură, se ivesc împrejurări mult mai favorabile dacă se dimensionează linia pentru o valoare mai mică decât cea corespunzătoare la solicitarea maximă admisă de prescripții. In acest caz, calculul siguranței la chiciură se poate face numai după formulele de bază de mai sus, deoarece deschiderea critică din tabelele 1, 2 și 3 și constantele *A*, *B*, *C*, *D* corespund la solicitarea maximă de tracțiune admisibilă în conformitate cu prescripțiile.

Curbele din fig. 5—20 permit citirea directă a siguranței la chiciură a tuturor liniilor dimensionate după norme. Abscisa indică în general secțiunea conductorilor. Pe ordonata fig. 5—12 se poate citi siguranța la chiciură potrivit curbelor corespunzătoare diferitelor deschideri, iar pe fig. 13—20 se poate ceti deschiderea cu ajutorul curbelor corespunzătoare diferitelor siguranțe la chiciură.

★

PLANUL DE LUCRU AL SECȚIEI DE ELECTRICITATE, 1952

Pentru a da sprijinul său cât mai eficace realizării Planului de Electrificare și formării cadrelor de specialiști necesari, Comitetul Secției Electricitate și-a întocmit pentru 1952 următorul plan de lucru :

1. Se vor trata, cu concursul tuturor filialelor din țară, un număr de probleme legate de Planul de Electrificare și promovând o tehnică înaintată. Printre aceste probleme figurează :

a) economisirea și folosirea rațională a materialelor ;

b) modul de comportare în exploatare a fabricatelor electrotehnice indigene.

c) asigurarea cererilor de putere prin funcționarea fără întreruperi.

2. Secția va organiza, cu sprijinul Consiliului Central A. S. I. T. și al Institutelor interesate, o consfătuire pe țară, în care se va desbate tema :

Mărirea numărului orelor de utilizare a puterii instalate la Centralele Electrice.

3. În cadrul problemelor de *propagandă* legate de Planul de Electrificare și pentru promovarea principiilor de bază, servind la desvoltarea lui, se propun următoarele teme de *Conferințe* în cadrul Consiliului Central A. S. I. T. ;

a) Planul de Electrificare și obiectivele urmărite prin interconectarea centralelor electrice.

b) Probleme tehnice ce se pun la interconectarea centralelor electrice.

c) Reglajul tensiunii și puterii centrale interconectate.

d) Problema transmisiunilor la centralele interconectate.

e) Proiectarea sistemelor interconectate.

f) Rețele de foarte mare tensiune.

g) Mijloace matematice moderne pentru studiul sistemelor interconectate.

In cadrul Filialelor se vor desvolta următoarele conferințe :

Rolul centralei electrice în desvoltarea economiei locale.

Utilizarea rațională a puterii instalate în centralele electrice : analiza curbei de sarcină.

Influența întreruperilor în furnizarea energiei electrice asupra realizării Planului.

Analiza întreruperilor : importanța întreruperii corecte a instalațiilor centralei, rețelei și a instalațiilor la utilizare.

Protecția selectivă.

Indicii tehnico-economici de producere și de folosire a energiei electrice.

Rolul Planului de Electrificare în desvoltarea economiei socialiste.

Condițiile de realizare ale Planului de Electrificare în R. P. R. și sarcinile ce decurg din acestea.

Inlocuirea cuprului cu aluminiu.

Mecanizarea construcțiilor și montajelor.

Inlocuirea combustibililor scumpi la centralele existente.

Lucrul sub tensiune.

Ridicarea calificării, condiție pentru realizarea planului.

4. *Pentru desvoltarea și reîmprospătarea* cunoștințelor căpătate de ingineri în institutele de învățământ superior și pentru *ridicarea nivelului lor profesional*, astfel încât să poată corespunde cerințelor tehnicei celei mai avansate, se vor organiza, cu inginerii din întreprinderile IREB, MEE, ITB și CFR, următoarele cursuri :

1.	Analiza matematică	16 ore
2.	Calculul vectorial	16 „
3.	Calculul tensorial	16 „
4.	Calculul matricial	12 ore
5.	Teoria câmpurilor	12 „
6.	Electronica	16 „
7.	Aplicațiile calculului matricial în electricitate	8 „
8.	Aplicația calculului tensorial în electricitate	12 „

5. *Pentru sprijinirea publicațiilor de specialitate* se propune redactarea în cadrul secțiilor a unor articole cu următoarele subiecte :

Ce trebue să cuprindă un articol tehnic.

Tematica Revistei „Electricitatea".

Creația originală, factor important în desvoltarea unei tehnici înaintate.

Cum trebue folosită documentația sovietică.

Se propune analiza revistei „Electricitatea" în secție în lunile Mai și Noembrie 1952.

6. *Consfătuiri cu cititorii.* Se propune o consfătuire cu cititorii în luna Septembrie 1952, având ca temă :

Utilizarea rațională a puterii instalate.

7. Secția va îngriji de publicarea unor monografii asupra istoriei tehnicii din țara noastră și a lucrărilor de popularizare științifică tehnică.

8. In fine în Sectorul Intrecerii Socialiste și Inovațiilor, Secția își va da contribuția întărind mișcarea stahanovistă și întrecerile socialiste prin :

Extinderea metodei „Kovaliov" în toate fabricile de mașini electrice.

Sprijinirea inovațiilor prin cabinetele tehnice și generalizarea inovațiilor pe linie A. S. I. T.

Activitatea filialelor va fi urmărită pe baza rapoartelor lunare în Planul Secției și prin deplasări pe teren.

NOTE • RECENZII

HACIATUROV A. A.: *Aplicarea conectării automate repetate la rețelele electrice ale schelelor petrolifere.* Energheticeski Buletin, 5 (1951), 12—19.

Metoda conectării automate repetate (CAR) a fost răspândită pe o scară foarte mare în ultimii ani la sistemele energetice ale Uniunii Sovietice.

Dispozitivele CAR ale liniilor pentru transportul energiei electrice s'au dovedit foarte eficace în exploatare. Experiența exploatării a demonstrat eficacitatea instalației CAR nu numai la liniile aeriene de 110—35 kV ci și la liniile de 3—10 kV.

Eficacitatea înaltă a acțiunii dispozitivelor CAR a ridicat problema aplicării acestora la rețelele de 2—6 kV ale schelelor petrolifere pentru conectarea automată repetată a liniilor de transmisie electrică.

Sarcina electrică a schelelor petrolifere face parte din sarcinile de primă categorie și ea se compune din:

a) motoarele electrice ale compresorilor (mecanisme cu moment constant al rezistenței statice);

b) motoarele electrice ale dispozitivelor de acționare (mecanisme cu moment pulsant al rezistenței statice);

c) motoarele electrice ale sondelor în foraj și ale pompelor de noroi (primele cu moment variabil, secundele cu moment constant al rezistenței statice).

Una dintre condițiile fundamentale ale funcționării normale a instalațiilor din schelele de petrol este aprovizionarea fără întrerupere a acestora cu energie electrică. Intreruperi de 1—2 s ale aprovizionării cu energie electrică provoacă deconectarea unei părți a electromotoarelor, deci oprirea mecanismelor de acționare.

Pentru restabilirea regimului normal de lucru al agregatelor este nevoie de un timp mai îndelungat, ceea ce provoacă o abatere dela tehnologia sondelor exploatate sau a celor de foraj.

O măsură importantă, destinată să asigure alimentarea continuă a consumatorilor cu energie electrică și păstrarea tehnologiei normale a extracției țițeiului, este aplicarea largă a conectării automate repetate.

In continuare, autorul se ocupă mai amănunțit cu aplicarea dispozitivelor CAR la liniile care alimentează transformatorii pompelor de adâncime, la liniile de alimentare ale instalațiilor de foraj, la rețelele de 2—6 kV și la motoarele electrice ale compresorilor.

IACOVLEV V.,: *Despre economia combustibilului la uzinele electrice.* Measnaia Industria SSSR, 3 (1951), 34—36.

In industria cărnii, sezonul de lucru în intervalul Noembrie-Martie, se caracterizează prin reducerea sarcinilor uzinelor electrice și prin creșterea consumului de combustibil pentru încălzire, căci temperatura scăzută din acest anotimp, reduce necesitățile de frig artificial în camerele frigorifice și mărește în schimb nevoia de încălzire ale încăperilor întreprinderilor.

O economie importantă de combustibil se obține prin trecerea turbinelor de condensare pentru perioada Noembrie-Martie în sistemul de termoficare. La turbinele de condensare obișnuite, numai 25% din căldura aburilor se transformă în energie electrică, iar restul se pierde.

La o presiune de 0,05 at temperatura aburului utilizat din condensatorul turbinei este aproximativ de + 32° iar a apei trimise din condensator spre turnul de răcire, este de aproximativ + 30°.

Dacă însă, presiunea în condensator se va ridica până la 0,8—0,9 at, atunci temperatura apei din condensator va crește până la + 90°, ceea ce va permite folosirea acestei ape pentru încălzirea diferitelor încăperi, atât în fabrică cât și în împrejurimile ei. In felul acesta, se realizează o mare economie a combustibilului (circa 8000 t pe o perioadă de 4 luni).

Rezultatele trecerii turbinelor de condensare în sistemul de termoficare sunt următoarele:

Turbina, cu o putere de 1000 kW, după trecerea în sistemul de termoficare, cu scăderea vidului normal de 20% a furnizat apă, cu temperatura + 48° — +50°, circa 90—120 l pe kWh de energie produsă. Dacă vidul normal se scade cu 40%, atunci temperatura apei se ridică până la + 64° — + 70°.

TEVIS P. I., BELOV S. D.: *Agregat electrotermic pentru aliaje ușoare.* Electricestvo, 4 (1951), 65—66.

Se descrie construcția și funcționarea agregatului electrotermic. Se recomandă întrebuințarea metodei fără salpetru pentru prelucrarea aliajelor ușoare în agregate electrotermice în aer, care înlocuesc cu succes băile de salpetru, foarte expuse la incendiu.

Se pot executa în același agregat atât călirea, recoacerea cât și îmbătrânirea artificială.

Autorul enumeră marile avantaje economice care rezultă din întrebuințarea agregatului electrotermic.

SLAVIN P. M.: *Reglarea tensiunii unui laminor pentru tablă.* Electricestvo, 4 (1951), 89—90.

Se descrie construcția și modul de lucru al unui laminor tandem cu trei cilindri de diferite suprafețe, pentru laminarea tablei la rece.

Dacă variază viteza de laminare, momentul motorului cilindrului trebue să varieze în așa fel, ca să compenseze efortul de inerție a masei cilindrului și ruloului.

In cazul unei viteze constante de laminare și a unei întinderi neschimbate a bandei, puterea motorului electric trebue să fie constantă — indiferent de diametrul ruloului.

Autorul descrie în mod amănunțit modul de lucru al acestui laminor, în funcție de viteza de laminare și de cele trei înfășurări ale regulatorului vibratoriu precum și de amplificatorul de curent continuu.

S'a constatat că întrebuințarea regulatorilor puși în funcție de mașini electrice este o metodă mult întrebuințată în prezent de către industrii la transmisii electrice, care asigură indici mai buni decât regulatorul vibratoriu.

In încheiere, autorul este de părere că întrebuințarea regulatorilor cu sensibilitate ridicată, permite a se renunța la instalația unei amplificări prealabile.

BARZAN B. A.: *Posibilitatea reducerii treptei de întârziere la protecția prin relee.* Electriceskie Stanți, 1 (1951) 47.

Intervalul de întârziere a unei trepte dintr'un șir de releuri este stabilit la 0,7 s. In dorința de a asigura o declanșare mai rapidă în cazul defectelor, este natural că se tinde spre micșorarea acestui timp. Există astăzi în exploatare protecții cu interval de întârziere sub 0,7 s.

Această micșorare a intervalului de întârziere se poate efectua în primul rând pe seama eroarei releului de timp. Eroarea admisă la releul EV—182 cu scala de 10 s este de ± 0,15 s. S'ar părea că această eroare se poate recalcula pentru reglări mai mici, proporțional cu timpul reglat. Această presupunere nu este justă. Este clar că dacă timpul de reglare a primului sector este de 0,5 s, atunci timpul de acționare al sectorului următor ar fi de 0,5 + 0,7 s = 1,2 s, ceea ce nu se poate justifica. Pentru al doilea releu, eroarea dublată ar fi de 0,3 s, ceea ce reprezintă $^1/_4$ din timpul total. Soluția constă în a dispune pentru fiecare reglare de un tip propriu de releu de timp.

AIZENBERG L. B.: *Despre construcția rațională a rețelelor electrice urbane.* Electricestvo, 2 (1951), 9—13.

Autorul analizează diferite metode de calcul al secțiunilor conductorilor, în cazul proiectărilor rețelelor electrice urbane, ținând seama de elementele ce se cer pentru a obține coeficienții tehnico-economici și de exploatare, cât mai ridicați.

Spre a determina secțiunea cablelor și conductorilor, s'au luat rețele urbane de joasă tensiune, cu alimentarea conductorilor principali la ambele capete, în funcție de densitatea curentului, la o funcționare a rețelei, într'un regim de avarie.

In acest scop, ne dă două formule de bază, una pentru pierderile de tensiune admise și alta — empirică — pentru densitatea admisă a curentului, într'un regim de avarie. Autorul demonstrează că reglementarea valoarei admise a pierderilor de tensiune pe baza calculelor, la proiectarea rețelelor urbane de joasă tensiune, nu joacă un rol determinant. Se ține mai mult seama de densitatea admisă a curentului de lucru la un regim de avarie. Din încercările executate asupra diferitelor secțiuni ale cablurilor și conductorilor, la un regim normal de funcționare, s'a ajuns la

concluzia că aceste secţiuni sunt de două ori mai mici, decât la un regim de avarie a reţelei.

Din discuţiile între A. A. Glazunov şi V. M. Hruscev s'a stabilit că tensiunea cea mai avantajoasă pentru reţelele urbane de iluminat este cea de 380/220 V, obţinându-se în acelaşi timp pierderi de tensiune mai reduse, deasemenea şi o economie de cupru. Se dă o formulă mult simplificată pentru determinarea sarcinii optime P_m a punctului de transformare, atât pentru tensiunea de 380/220 V, cât şi pentru 220/127 V.

Se demonstrează că valoarea lui P_m depinde de mărimea elementelor care intră în formulă şi care la rândul lor pot avea diferite valori. Se dă o curbă care arată că pentru determinarea unei sarcini mai avantajoase, este mai bine a se întrebuinţa formula corespunzătoare cazului unei reţele sub tensiunea de 380/220 V. Afară de aceasta, aplicarea acestei formule reprezintă şi multe avantaje practice.

Autorul demonstrează că reţelele electrice închise, de joasă tensiune, fără relee în reţea, sunt de mult recunoscute ca cele mai avantajoase şi practice. A. A. Glazunov le recomandă, fără nicio motivare, pentru oraşele cu consum mic sau mediu.

Autorul este de acord cu părerea lui A. A. Glazunov şi la rândul lui recomandă tuturor proiectanţilor adoptarea acestui montaj pentru reţelele urbane, iar uzinelor, fabricarea în masă de fuzibile, pentru siguranţele de tip descoperit, adoptate în reţelele electrice urbane.

La urmă enumeră concluziile de care trebue să se ţină seama la proiectarea reţelelor electrice urbane.

IOSIFOV S. S.: *Motor asincron în scurtcircuit cu bare speciale de pornire.* Electricestvo, 2 (1951), 71—75.

Sunt descrise construcţia motorului asincron în scurtcircuit, modul de pornire, precum şi elementele care concurează la punerea în mers (curenţii, fluxurile, momentele rotative, etc.).

Se dau curbele curenţilor de pornire, momentele determinate prin calcul pentru motor cu bare speciale de pornire. Deasemenea, sunt daţi indicii de lucru şi de pornire ai motoarelor cu bare speciale de pornire şi a altor tipuri de motoare.

Se demonstrează că, motorul cu dublă colivie şi motorul cu bare speciale de pornire intercalate, au practic vorbind, indici de lucru şi de pornire egali.

Motorul cu bare speciale de pornire a fost verificat în mod experimental şi în timpul unei îndelungate exploatări, în diferite uzini şi industrii petrolifere.

Autorul, după studiile făcute asupra unui motor de 190 kW, 2000 V şi 735 rot/min, a determinat indicii de lucru şi de pornire pe bază de încercări şi de calcul care sunt daţi în text.

Cercetând datele, obţinute pe cale experimentală, cu cele obţinute prin calcul, se constată că ele sunt aproape identice.

Stabileşte că o ventilaţie mai bună a motorului, face să crească puterea lui, cu câteva procente. Toate motoarele primesc curentul de demarare, direct dela reţelele electrice.

In concluzie, se menţionează descrierea precum şi încercările în timpul exploatării motoarelor asincrone în scurtcircuit cu bare speciale de pornire, fabricate după recomandările autorului de către trustul „Kaganovici Petrol".

TRAPEZNICOV A. V.: *Principiile de fabricare a dispozitivelor de control şi reglare automată.* Electricestvo, 2 (1951), 88—89.

Autorul expune problemele de bază din domeniul automatizării, se menţionează marele avantaj al planificării în producţie, în regimul socialist faţă de cel haotic capitalist. Descrie care sunt principiile de urmat pentru a utiliza un număr cât mai mic de tipuri de aparate — principiul agregatului.

Acest principiu permite posibilitatea de a obţine un număr cât mai mare de modificări în elementele dispozitivului şi o perfecţionare destul de rapidă a sistemului.

Autorul este de părere ca instalaţiile pentru controlul şi reglarea automată, construite după principiul agregatului, este bine să fie împărţite în patru elemente, independente din punct de vedere constructiv.

IMBRITZKI I. M.: *Principiul de mărire a rezistenţii sculelor de aşchiere prin tratare cu scânteia electrică.* Electriciskie Stanţi, 1 (1951), 58—59.

In scopul economisirii aliajelor dure pentru scule de tăiere prin aşchiere, uzina de reparaţii LENENERGO, în loc de lipirea plăcilor la cuţite obţine durabilitatea necesară a sculelor prin tratament cu scântei electrice a părţilor tăietoare.

Datorită acestui sistem, consumul în aliaje dure la uzină s'a redus de 8—10 ori şi durabilitatea s'a ridicat foarte mult.

Autorul descrie schema de principiu a unei astfel de instalaţii, care poate fi realizată în orice Centrală Electrică sau uzină de reparaţii. Ea constă dintr'un tablou de comandă şi un vibrator.

SMOLNIKOV V. L.: *Întărirea intrărilor de 220 kV la întrerupători tip.* Elektriciskie Stantzii, 1 (1951), 59—60.

Bornele de intrare la M.K.P. 274 montate la o substaţie exterioară în condiţii de funcţionare nefavorabile (ploaie măruntă, zăpadă umedă, etc.), provocau de multe ori scurtcircuitarea barelor, iar o parte din aceste borne au fost chiar distruse.

Autorul a propus şi a elaborat o metodă de întărire a acestor borne, făcând o supra-construcţie de porcelan de 700 mm cu o prelungire corespunzătoare a ţevei conducătoare de curent.

Probele au arătat eficienţa aplicării acestei metode.

CULACOVSKII B. V.,: *Controlul umidităţii izolaţiei după metoda capacitate frecvenţă.* Electricestvo, 2 (1951),25—32.

Problema umidităţii izolaţiei a preocupat mult timp pe constructorii transformatorilor şi ai maşinilor electrice. Deasemenea, mult timp, în U.R.S.S., s'au cercetat diferite metode, pentru măsurarea umidităţii în izolaţie.

Autorul prezintă în acest articol, mai multe rezultate ale studiului metodei de control a umidităţii izolaţiei, pe baza independenţei capacităţii de frecvenţă, întrucât capacitatea dielectricului umed, depinde de frecvenţă şi temperatură. Acest lucru se poate vedea şi din expresia analitică pentru capacitatea condensatorului, cu un dielectric în care se observă o polarizare intrestratală. Autorul demonstrează că la măsurarea după schema încărcare-descărcare, dependenţa capacităţii de frecvenţă este mai pronunţată decât la măsurile cu un curent alternativ sinusoidal.

Autorul ajunge la concluzia că determinarea capacităţii cu un curent constant este destul de dificilă şi deci este necesar a se limita la măsurarea capacităţii prin temperatură şi frecvenţă, întrebuinţând un curent alternativ.

In metoda preconizată de autor „capacitate-frecvenţă" după schema „încărcare-descărcare", capacitatea de măsurat se încarcă în mod periodic dela o sursă de curent de tensiune constantă, descărcându-se apoi asupra unui galvanometru. In acest caz, valoarea capacităţii poate fi calculată după indicaţiile galvanometrului şi parametrilor din schemă.

In articolul de faţă se descrie aparatul de măsurat după metoda „capacitate-frecvenţă", indicându-se curentul, tensiunea şi frecvenţa folosită.

Se mai descrie influenţa temperaturii şi a uleiului asupra rezultatelor obţinute la măsurarea umidităţii la transformatori, rezultate date sub forma unor curbe. Din cuprinsul articolului se vede că dependenţa capacităţii de frecvenţă şi de temperatură este un indiciu important al umidităţii izolaţiei, iar metoda „capacitate-temperatură", întrebuinţată în prezent pentru controlul izolaţiei transformatorilor, poate fi cu succes înlocuită prin metoda „capacitate-frecvenţă", fără a cere încălzirea transformatorilor peste 15—20° C.

GHELIBUH L. A.: *Analizarea funcţionării releului de inducţie cu rotor cilindric în timpul proceselor tranzitorii.* Electricestvo, 2 (1951), 21—24.

Autorul studiază noile probleme ivite în urma introducerii în exploatare a releelor monofazice de inducţie, cu rotor cilindric, cu acţiune rapidă. Deasemenea, analizează funcţionarea releelor, sub acţiunea curenţilor tranzitori care exercită o influenţă foarte mare, asupra releelor cu rorot cilindric.

Se mai studiază funcţionarea releului monofazic de inducţie cu rotor cilindric, în cazul curenţilor tranzitorii, care iau naştere, în înfăşurările lui, în caz de avarii.

Pe baza studiilor făcute şi a încercărilor executate, autorul demonstrează că funcţionarea releului poate deveni

neselectivă la coborîri de tensiuni mari, lucru care poate fi prevenit prin introducerea în circuitul înfăşurării de tensiune a unei capacităţi şi a unei rezistenţe active. In text sunt date două oscilograme, din care, prima ilustrează o funcţionare neselectivă a releului, când tensiunea scade până la 1% din valoare, înainte de a avea scurtcircuit, iar cea de a doua, ilustrează lucrul releului de dirijarea puterii, montat.

Prin construcţia preconizată de autor, se asigură declanşarea releului la o dirijare directă a puterii, chiar în cazul când tensiunea cade până la zero (nul).

GUSEV V. V.: *Despre calculul proceselor tranzitorii ce se produc în reţele de anclanşare automată repetată a fazelor.* Electricestvo, 2 (1951), 3—8.

Pentru calculul fenomenelor tranzitorii, ce iau naştere în sistemul trifazic, datorită anclanşării şi declanşării întrerupătorului monopolar, autorul recomandă întrebuinţarea metodei componentelor simetrice. In cuprinsul articolului sunt date expresia rezistenţei operative, pentru determinarea curentului şi a tensiunii, în timpul anclanşării şi declanşării întrerupătorului monopolar, în cazul când într'un punct al reţelei trifazice, se produce un defect oarecare.

Autorul ne dă un sistem de ecuaţie pentru determinarea conductibilităţii tranzitorii, în cazul a două defecte.

Deasemenea, pentru calculul procesului transitoriu la anclanşarea şi declanşarea întrerupătorului monopolar (dacă în reţea sunt două defecte — două paralele, două în serie sau unul în paralel şi unul în serie), autorul recomandă determinarea prealabilă a lui E şi I din regimul stabilit, folosind metoda componentelor simetrice.

Autorul atrage atenţia cititorilor, că în cazul calculului proceselor transitorii la anclanşarea şi declanşarea în circuitele generatorului de tensiune, care cuprind generatori asincroni, este necesar a ţine mai mult cont de procesele magnetice ce se produc în maşini.

CANTER I. I.: *Teoria funcţionării convertisorilor polifazici neautomaţi cu comutaţie prin condensatori.* Electricestvo, 3 (1951), 33—40.

Realizările în domeniul construirii redresorilor cu mercur de înalt voltaj au lărgit posibilitatea rezolvării problemei în legătură cu alegerea sistemului de curent pentru tracţiunea electrică.

Intrebuinţarea redresorului cu mercur la locomotive electrice a făcut posibilă folosirea acestuia atât ca redresor cât şi ca convertizor al curentului continuu în curent alternativ. Convertizorul lucrează izolat de reţeaua generatoare de curent alternativ şi toate forţele reactive se compensează cu ajutorul izolatorilor sau maşinilor sincrone.

Intrebuinţarea convertizorilor cu comutaţie prin condensatori sau mecanică, permite realizarea unui sistem de curent continuu de înaltă tensiune (de exemplu 20 kV) în reţeaua la care sunt legate motoarele de curent alternativ la locomotiva electrică. Redresând tensiunile alternative obişnuite, se poate crea un sistem de curent continuu de înaltă tensiune în reţeaua de care sunt legate motoarele de curent continuu la locomotiva electrică. Aici se examinează în mod complet numai convertizorii statici cu comutaţie prin condensatori.

In articolul de faţă se expun în continuare unele probleme în legătură cu teoria convertizorilor polifazici elaborată de autor. Se propun formule pentru determinarea tensiunii convertizorului, în cazul încărcării active-inductive şi la diferite scheme, se dau expresiile pentru determinarea timpului de acordat pentru deionizarea valvelor. Se deduc formulele de calcul pentru condensatori şi se stabileşte relaţia funcţională între puterea transformatorului şi parametrii schemei.

Se deduc ecuaţiile care determină caracteristica de funcţionare a convertisorului.

MARINOVSCHI I. D., KAZANŢEVA A. I.: *Un calcul simplificat al bobinelor de şoc pentru reglarea saturaţiei.* Electricestvo, 3 (1951), 40—47.

Determinarea parametrilor principali ai bobinelor de şoc pentru reglarea saturaţiei poate fi simplificată în mod considerabil în cazul în care acestea se întrebuinţează pentru reglarea tensiunii încărcării active şi dacă sunt date forma şi dimensiunile plăcilor din care se montează miezurile acestor bobine. Făcând abstracţie de aceste restricţii, domeniul de aplicare a calculului expus în acest articol este destul de mare şi cuprinde în mod practic majoritatea bobinelor de şoc ce se întrebuinţează pentru reglarea directă a încărcărilor de forţă, cât şi ca amplificatori magnetici.

Folosirea calculului simplificat este indicată atunci, când limita inferioară a tensiunii ce urmează a fi reglată nu este mai mare decât 25—30% din valoarea ei nominală.

Calcularea bobinei de şoc se reduce în acest caz la determinarea parametrilor principali, care asigură limita inferioară şi superioară (valoarea nominală) a tensiunii ce urmează a fi reglată. Aceşti parametri sunt: grosimea pachetului conductei magnetice şi numărul spirelor dela bobinajele de curent alternativ şi continuu. Se consideră cunoscute: tensiunea reţelei, valoarea maximă şi minimă a tensiunii de reglat a încărcării, curenţii încărcării, care corespund acestor tensiuni şi alţi doi parametri, care caracterizează bobinajul de curent continuu, cum ar fi de exemplu puterea acestuia şi curentul care corespund valorii maxime a tensiunii de reglat.

Cele expuse sunt ilustrate în numeroase exemple.

BĂCOV G. N., GHERŞTENI R. A.: *Proiectul de standard pentru tensiunile nominale ale reţelelor electrice staţionare.* Electricestvo, 3 (1951), 72—74.

In acest articol sunt expuse rezultatele cercetărilor executate în cursul anilor 1949—1950 de către „Teploelectroproect", pentru a lămuri care dintre cele două tensiuni, pe 15 sau de 20 kV corespunde într'un grad mai mare perspectivelor de desvoltare a reţelelor aeriene ale energo-sistemelor sovietice.

Examinând indicii tehnico-economici ai diferitelor forme de utilaj electric şi indicii economici ai sistemelor de distribuire a energiei prin reţele aeriene de 6—20 kV, autorii ajung la concluzia că este absolut necesar şi raţional să se înlocuiască la reţelele noi tensiunea de 10 kV cu tensiunea de 15 kV. Tensiunea de 10 kV menţionată în paranteze în proiectele noului GOST va fi extinsă nu numai la generatoare mari de 100 000 kV, ci şi la aparatura, cablurile şi generatoarele cu putere de 12 000, 25 000 şi 50 000 kW iar tensiunea de 20 kV va fi complet exclusă din standard

ROCOTIAN S. S., RENA T. V., ZBOROVSCHII M. I.: *Compensaţia capacitivă longitudinală a liniilor de transport electrice.* Electricestvo, 3 (1951), 79—81.

Capacitatea de trecere a transmisiei electrice de înaltă tensiune este determinată în mare parte de condiţiile de stabilitate ale lucrului în paralel, al centralelor electrice, ale sistemei. Aceste condiţii, la rândul lor, depind de o serie de factori şi în special de mărimea rezistenţii reactive a liniei de transmisie electrică. Una dintre metodele de majorare a capacităţii de trecere a transmisiei electrice este compensaţia capacitivă longitudinală a liniei, prin corectarea succesivă a condensatorilor statici, ceeace micşorează rezistenţa inductivă a liniei de transmisie şi este echivalent cu scurtarea lungimii acesteia.

In continuare se face o descriere a instalaţiilor executate pentru compensarea longitudinală a liniilor pentru transmisia ehergiei electrice, luându-se ca exemplu linia de 220 kV şi de 66 kV.

Sunt de prevăzut posibilităţi foarte mari de aplicare a compemsaţiei capacitive longitudinale, însă pentru aceasta, mai este nevoie de o serie de cercetări şi studii ştiinţifice şi mai ales de experienţă practică.

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie, precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil impersonal, clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeţ, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înţelegerii textului. Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9×12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări.
Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată citeţ, numele şi pronumele complet, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon (instituţie sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

Abonamentele se fac numai prin
Centrul de Difuzare a Presei:

BUCUREŞTI, STRADA CONSTANTIN MILLE, 14 — Telefon: 5.28.90
PROVINCIE: LA SUCURSALELE DIN REŞEDINŢELE REGIUNILOR ŞI RAIOANELOR

Intreprinderi, instituţii, fabrici, uzine, etc.: Lei 100 anual

Tehnicieni şi ingineri, membrii ai A. S. I. T.: Lei 30 anual

A APĂRUT IN
EDITURA TEHNICA

al treilea volum
LEXICONUL TEHNIC
ROMÂN

Volumul al III-lea din Lexiconul Tehnic Român cuprinde o serie de noţiuni (dela literele I-M) a căror cunoaştere e de primă importanţă în tehnică, şi care au cerut o mare desvoltare, cum sunt: Incercare, Inducţie, Infăşurare electrică, Instrument, Isomerie, Laminor, Locomotivă, Măsuri, Mecanism, Motor şi bineînţeles, termenul Maşină, care este desvoltat în 182 pagini.

Volumul acesta cuprinde în cele 1115 pagini 7800 termeni şi 2500 figuri.

Prin acest al treilea volum, Lexiconul Tehnic a dovedit că este o lucrare de mare valoare, şi de un important ajutor tuturor tehnicienilor noştri.

Taxa poştală plătită în numerar conform aprobării Nr. 168.026/946.

C. 5,338 — Centrul Poligrafic Nr. , 2. Subunitatea 2.

E 1427

KAT

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

KÖZPONTI TECHNOLOGIAI KÖNYVTÁR

ELLENŐRIZVE
1953

3

EDITURA TEHNICĂ

1952

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Martie 1952 ★ Nr. 3 Redacţia: Bucureşti, Episcopiei 2 ★ Tel. 3.57.28, 3.07.30

SUMARUL

	Pag.
RĂSPUNSUL TOVARĂŞULUI STALIN la întrebările puse de un grup de redactori ai unor ziare americane	1
Plauţius Andronescu, prof. dr. ing.: Curenţi capacitivi la o linie trifazică de înaltă tensiune	3
M. Marinescu, prof., ing.: Microfonul electro-dinamic	9
D. Soare, ing.: Stabilitatea statică a sistemelor electrice	14
I. Papadache, ing.: Metode obiective pentru determinarea eficacităţii aparatelor telefonice	21
T. Lucescu, ing.: Teoria magnetizării suplimentare alternative a minereurilor feromagnetice	25
G. Cosmin, ing.: Suflajul magnetic la întreruptorii în aer	30
Virgil Cristescu, ing.: Incercări de a mări precizia şi de a reduce durata etalonării wattmetrelor electrodinamice prin metoda compensatorului	36
DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.	
B. G. Ho'mski: Intrebuinţarea transformatorilor reglabili de diverse tipuri în reţelele electrice ale oraşelor	39
NOTE — RECENZII	46
REVISTA REVISTELOR	50

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Ответ тов. Сталина на вопросы заданные группой редакторов американских газет	1
ПЛАУЦИУС АНДРОНЕСКУ, проф. д-р, инж.: Емкостные токи на трехфазовой линии высокого напряжения	3
М. МАРИНЕСКУ, проф. д-р, инж.: Электродинамический микрофон	9
Д. СОАРЕ, инж.: Статистическая устойчивость электросистем	14
И. ПАПАДАКЕ, инж.: Объективные методы определения эффективности телефонных аппаратов	21
Т. ЛУЧЕСКУ, инж.: Теория применения дополнительного намагничивания магнитных сердечников	25
С. КОСМИН, инж.: Механическое выдувание на выкчючателях в воздухе	30
ВИРЖИЛ КРИСТЕСКУ, инж.: Попытки увеличения точности и уменьшения продолжительности эталонирования электродинамических ваттметров компесаторным методам	36
ИЗ ОПЫТА СССР	
Б. Г. ХОЛМСКИЙ: Использование регулирующихся трансформаторов различных типов в городских электросетях	39
ЗАМЕТКИ - РЕЦЕНЗИИ	46
ОБЗОР ЖУРНАЛОВ	50

KÖZPONTI TECHNOLÓGIAI KÖNYVTÁR ELLENŐRIZVE 1963

RĂSPUNSUL TOVARĂŞULUI STALIN

LA INTREBĂRILE PUSE DE UN GRUP DE REDACTORI AI UNOR ZIARE AMERICANE

Moscova, Agenţia TASS transmite:

Un grup de redactori ai unor ziare americane de provincie a adresat tovarăşului Stalin, în numele a 50 de redactori ai acestor ziare, patru întrebări, la care tovarăşul Stalin a dat următoarele răspunsuri:

Intrebare: Este oare un al treilea război mondial mai aproape în prezent, decât acum doi sau trei ani?

Răspuns: Nu, nu este.

Intrebare: Ar aduce folos o întâlnire între conducătorii marilor puteri?

Răspuns: Este posibil că ar aduce folos.

Intrebare: Consideraţi că momentul actual este potrivit pentru unificarea Germaniei?

Răspuns: Da, consider.

Intrebare: Pe ce bază este posibilă coexistenţa capitalismului şi comunismului?

Răspuns: Coexistenţa paşnică a capitalismului şi comunismului este pe deplin posibilă atunci când există de ambele părţi dorinţa de a colabora, când există voinţa de a-şi îndeplini obligaţiile asumate, când se respectă principiul egalităţii şi neamestecului în treburile interne ale altor state.

CURENȚII CAPACITIVI LA O LINIE TRIFAZICĂ DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Prof. Dr. Ing. PLAUȚIUS ANDRONESCU

La o linie trifazică de înaltă tensiune se ia în considerare capacitățile, atât între linii cât și față de pământ. In consecință, linia trifazică poate fi redusă la două circuite trifazice, unul în conectarea stea, iar celălalt în conectare triunghi. Dacă se introduce la una din faze în paralel cu capacitatea față de pământ o rezistență electrică, care poate varia dela infinit la zero (scurtcircuit), circuitul trifazic în conectare stea devine nesimetric. Se determină curenții electrici de linie totali.

O linie cu : r^*, L^*, C^*, g^*, uniform repartizate la 50 Hz, poate fi redusă la un circuit cuadripolar de tipul I sau de tipul II, când lungimea ei nu întrece 300 km.

In cele ce urmează se arată mai întâi cum se reduce linia de mai sus la un circuit cvadripolar de tipul II (vezi fig. 1).

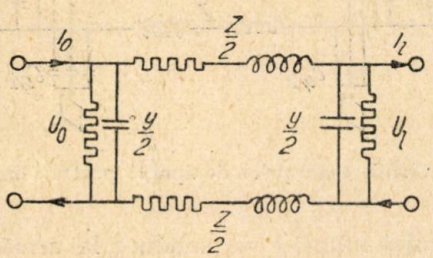


Fig. 1. Circuit cuadripolar de tipul II.

Intr'adevăr, dacă în relațiile exacte :

$$U_0 = U_L \, ch \, \gamma^* \, L + I_L \, Z_u \, sh \, \gamma^* \, L \qquad (1)$$
$$I_0 = I_L \, \text{ch} \, \gamma^* \, L + \frac{U_L}{Z_u} \, \text{sh} \, \gamma^* \, L$$

în care avem :

$$\gamma^* = \beta^* + j\alpha^*$$
$$Z_u = \frac{r^* + j\,\omega\, L^*}{\gamma^*} = \frac{\gamma^*}{g^* + j\,\omega\, C^*}. \qquad (1a)$$

Se pot admite aproximațiile :

$$\text{ch}\,\gamma^* L \cong 1 + \frac{(\gamma^* L)^2}{2} = 1 + \frac{\gamma^2}{2} \qquad (1b)$$
$$\text{sh}\ \gamma^*\ L \cong \gamma^*\ L = \gamma$$

atunci relațiile (1) iau forma simplificată

$$U_0 = U_L \left(1 + \frac{\gamma^2}{2} \right) + I_L \, Z \qquad (2)$$
$$I_0 = I_L \left(1 + \frac{\gamma^2}{2} \right) + U_L \, Y$$

în care avem :

$$(r^* + j\ \omega L^*)\ L = Z$$
$$(g^* + j\ \omega\ C^*)\ L = Y. \qquad (2a)$$

Din (1 a) și (2 a) se mai deduce :

$$\gamma^{*2} = (r^* + j\ \omega\ L^*)\ (g^* + j\ \omega\ C^*) \qquad (3)$$
$$(\gamma^* L)^2 = \gamma^2 = ZY$$

astfel că relațiile simplificate (2) devin exprimate în forma :

$$\left.\begin{aligned} U_0 &= U_L \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + I_L \, Z \\ I_0 &= I_L \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) + U_L \, Y. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Relațiile (4) pot corespunde în anumite cazuri unui circuit cuadripolar de tipul II.

Intr'adevăr, pentru un circuit cuadripolar de tipul II (fig. 1) se obține în mod direct relațiile :

$$U_0 = U_L \left(1 + \frac{Z}{2}\right) + I_L \, Z \qquad (5)$$

$$I_0 = I_L \left(1 + \frac{Zy}{2} \right) + U_L \, \frac{y}{2} \left(2 + \frac{Zy}{2} \right).$$

Dacă în (5) se poate neglija $\frac{Zy}{2}$ față de 2, ceeace este posibil în cazul liniilor de transport de energie, rezultă că relațiile (4) se confundă cu relațiile (5).

In locul relațiilor exacte (1) se poate așadar folosi în anumite cazuri relațiile (4), care corespund unui circuit cuadripolar de tipul II, când $\frac{Zy}{2}$ devine neglijabil față de 2.

Rămâne să vedem în care caz se aplică relațiile (1b).

Efectuăm următorul calcul simplist : viteza undei electromagnetice V_u se poate calcula cu destulă aproximație din :

$$V_u \cong \frac{1}{\sqrt{L^* C^*}} = \lambda f$$

de unde se mai deduce și lungimea de undă λ când frecvența f este cunoscută.

Pe de altă parte din :

$$\alpha^* \lambda = 2\pi$$

Se deduce : α^*,
iar din :

$$\beta^* \cong \frac{r^*}{2} \sqrt{\frac{C^*}{L^*}}$$

se deduce : β^*.

In cazul când avem : $\alpha^* L \leqslant 0{,}3$ apar aproximațiile :

$$\text{ch}\ \alpha^* L \cong 1 + \frac{(\alpha^* L)^2}{2}$$

$$\text{sh}\ \alpha^* L \cong \alpha^* L$$

Deoarece în general avem : $\beta^* < \alpha^*$ mai rezultă că pentru :

$$\alpha^* L \leqslant 0{,}3$$

se mai obține :

$$\text{ch}\ \gamma^* L \cong + \frac{(\gamma^* L)^2}{2}$$
$$\sin h\ \gamma^* L \cong \gamma^* L.$$

Pentru calculul numeric al mărimilor caracteristice de mai sus, se ia ca exemplu o linie trifazică de înaltă tensiune cu următoarele date :

$$r^* = 0{,}12\ \Omega/\text{km} \quad L^* = 0{,}001272\ \text{H/km}$$
$$C^*_{12} = 0{,}002\ \mu\text{F/km}$$
$$C^*_0 = 0{,}004\ \mu\text{F/km} \quad g^* = 0 \quad f = 50\ \text{Hz}$$
$$L = 100\ \text{km}$$

$$U_{12} = 200\ \text{kV} \quad U = \frac{200}{\sqrt{3}} = 115{,}6\ \text{kV}$$

$$C^* = 0{,}004 + 3 \cdot 0{,}002 = 0{,}01\ \mu\text{F/km}.$$

Se efectuează următoarele calcule :

$$V_u = \frac{1}{\sqrt{L^* C^*}} = \frac{10^6}{3{,}572} = 280\,000\ \text{km/s}$$

$$\lambda = \frac{280\,000}{50} = 5600\ \text{km}$$

$$\alpha^* = \frac{2\pi}{5\,600} = 0{,}00112\ \text{radiani /km}$$

$$\frac{L^*}{C^*} = 0{,}1272 \cdot 10^6 \qquad \sqrt{\frac{L^*}{C^*}} = 357{,}2\ \Omega$$

$$\beta^* = \frac{r^*}{2} \frac{1}{\sqrt{\frac{L^*}{C^*}}} = \frac{0{,}06}{357{,}2} = 0{,}0001675\ \text{neperi/km}.$$

$$\alpha^* L = 0{,}00112 \cdot 100 = 0{,}112\ \text{radiani}$$

$$\beta^* L = 0{,}0001675 \cdot 100 = 0{,}01675\ \text{neperi}.$$

Se constată că : $\alpha^* L < 0{,}3$

astfel că în exemplul luat relațiile (1b) sunt valabile).

In cele ce urmează se mai poate constata că valorile α^*, β^*, calculate cu *formulele exacte* diferă foarte puțin de acelea obținute mai sus prin metoda simplistă.

Avem :

$$2\alpha^{*2} = \omega^2 L^* c^* \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{r^*}{\omega L^*}\right)^2}\right)$$

$$2\beta^{*2} = \omega^2 L^* C^* \left(-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{r^*}{\omega L^*}\right)^2}\right),$$

valabile când $g^* = 0$.

Din calcul rezultă :

$$\left(\frac{r^*}{\omega L^*}\right)^2 = 0{,}09 \qquad \sqrt{1 + \left(\frac{r^*}{\omega L^*}\right)^2} = 1{,}043$$

$$L^* C^* = 12{,}72{,}10^{-12} \qquad \omega^2 L^* C^* = 12\,600 \cdot 10^{-10}$$

$$2\alpha^{*2} = 25\,700 \cdot 10^{-10} \qquad \alpha^* = 0{,}001134$$

$$2\beta^{*2} = 541 \cdot 10^{-10} \qquad \beta^* = 0{,}0001645$$

$$V_u = \frac{\omega}{\alpha^*} = \frac{314}{0{,}001134} = 277\,000\ \text{km/s}$$

$$\lambda = \frac{V_u}{f} = 5\,540\ \text{km}.$$

Se constată că valorile numerice de mai sus diferă foarte puțin de acele stabilite prin metoda simplistă.

Determinarea curenților electrici la începutul liniei trifazice în mersul în gol

Datorită faptului că în exemplul luat, linia trifazică cu r^*, L^*, C^*, g^*, uniform repartizate, poate fi înlocuită cu un circuit cuadripolar de tipul II (fig. 2), se va exprima impedanța pe fază în mersul în gol al liniei în forma :

$$Z_{00} = \frac{1 + \frac{ZY}{2}}{\frac{Y}{2}\left(\frac{ZY}{2} + 2\right)} \cong \frac{1 + \frac{ZY}{2}}{Y} \qquad (6)$$

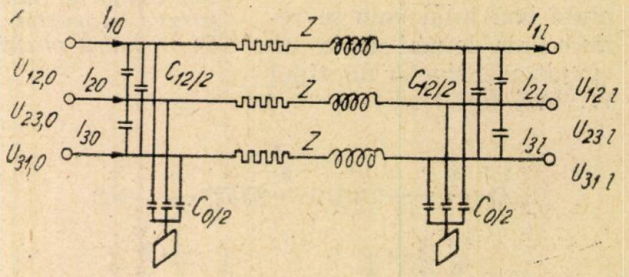


Fig. 2. Circuit cuadripolar de tipul II pentru o linie trifazică.

Calculul numeric ne conduce la următorul rezultat :

$$Z = r^* l + j\,\omega L^* l = 12 + j\ 40$$

$$Y = j\,\omega C^* l = j\ 314 \cdot 0{,}01 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = j \cdot 314 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{ZY}{2} = -\,6\,280 \cdot 10^{-6} + j \cdot 1884 \cdot 10^{-6}$$

$$1 + \frac{ZY}{2} = 0{,}994 + j\ 0{,}0019$$

$$Z_{00} = \frac{0{,}994 + j\ 0{,}0019}{j \cdot 314 \cdot 10^{-6}} = \frac{0{,}0019 - j\ 0{,}994}{314 \cdot 10^{-6}} \cong -j \cdot 3160$$

$$U_{00} = U_L \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) = 115\,000 + j \cdot 220$$

astfel că :

$$I_{1.00} = \frac{U_{00}}{Z_{00}} \cong j\,\frac{115\,000}{3160} = j\,36{,}3\ \text{A}.$$

In mod analog se determină curenții electrici pentru celelalte două faze : $I_{2.00}$, $I_{3.00}$.

Cei trei curenți electrici de fază : $I_{1.00}$, $I_{2.00}$, $I_{3.00}$ obțin aceleași valori numerice și sunt defazați în timp, între ei cu $\frac{2\pi}{3}$.

De altfel se remarcă că $I_{1.00}$ se poate determina și din :

$$I_{1.00} \cong U_2 Y$$

ceea ce ne conduce la :

$$I_{1.00} = U\omega C = 115\,600 \cdot 314 \cdot 10^{-6} = 36{,}4\ \text{A}.$$

Acest rezultat ne face să tragem concluzia că pentru curenții capacitivi vom putea înlocui linia

trifazică dată prin circuitul trifazic echivalent din schema dela fig. 3.

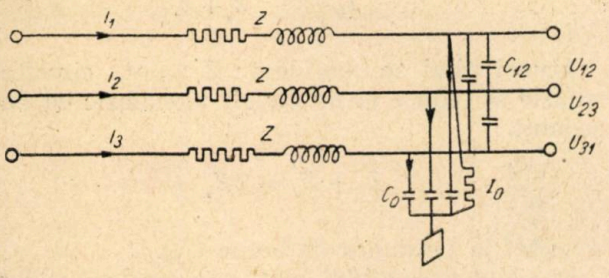


Fig. 3. Circuit trifazic echivalent.

Determinarea curenților electrici la începutul liniei trifazice, când faza primă la sfârșitul liniei are contact cu pământul peste o rezistență electrică r_0 variabilă

Pentru a se putea aplica o metodă mai simplă la rezolvarea problemei, se va înlocui așadar circuitul cuadripolar, prin circuitul trifazic echivalent din fig. 3.

Fig. 3 reprezintă un circuit trifazic în conectare stea nesimetric, din cauza rezistenței r_0 în prima fază și un circuit trifazic în conectare triunghi simetric.

Fie : I'_1, I'_2, I'_3, respectiv I''_1, I''_2, I''_3, curenții electrici de linie pentru cele două circuite trifazice. U'_1, U'_2, U'_3 reprezintă tensiunile de fază în circuitul trifazic nesimetric la sfârșitul liniei.

Se cere să se determine mai întâi impedanța Z'_1 a primei faze; după aceea, tensiunile de fază : U'_1, U'_2, U'_3 și în fine curenții electrici de fază : I'_1, I'_2, I'_3, pentru circuitul trifazic în conectare stea nesimetric.

Rezistența r_0, în paralel cu capacitatea C_0, o considerăm variabilă dela valoarea infinit de mare până la zero (scurtcircuit).

a) *Determinarea impedanței Z'_1.* Conectarea în paralel a capacității C_0 cu rezistența r_0 din faza întâi, ne conduce la suma admitanțelor

$$\frac{1}{r_0} \quad \text{și} \quad j\omega C_0$$

Se obține :

$$Y'_1 = \frac{1}{r_0} + j\omega C_0 = g'_1 - jb'_1 \qquad (7)$$

în care

$$g'_1 = \frac{1}{r_0} \qquad b'_1 = -\omega C_0.$$

Când rezistența electrică r_0 variază dela $r_0 = \infty$ până la $r_0 = 0$, vârful admitanței Y'_1 se deplasează pe o dreaptă, iar vârful impedanței $Z'_1 = \frac{1}{Y'_1}$ se deplasează pe un cerc (fig. 4).

Din

$$Z'_1 = \frac{1}{\frac{1}{r_0} + j\omega C_0} = \frac{r_0}{(r_0\omega C_0)^2 + 1} - j\frac{r_0^2\omega C_0}{(r_0\omega C_0)^2 + 1} = r'_1 + jx'_1$$

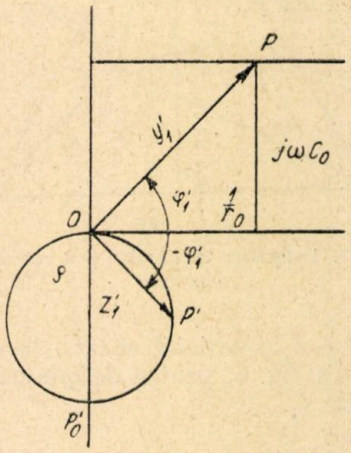


Fig. 4. Locul geometric al admitanței Y'_1 și al impedanței Z'_1.

se obține :

$$r'_1 = \frac{r_0}{(r_0\omega C_0)^2 + 1} \qquad x'_1 = -\frac{r_0^2\omega C_0}{(r_0\omega C_0)^2 + 1}. \qquad (8)$$

Pe de altă parte, când b'_1 e constant și mai ținându-se seama și de :

$$r'^2_1 + x'^2_1 = \frac{1}{g'^2_1 + b'^2_1} \qquad \frac{x'^2_1}{b'_1} = \frac{r'_1}{g'_1} \qquad (9)$$

rezultă :

$$r'^2_1 + x'^2_1 = \frac{1}{\left(\frac{b'_1 r'_1}{x'_1}\right)^2 + b'^2_1}$$

sau :

$$r'^2_1 + x'^2_1 = \frac{x'_1}{b'_1}. \qquad (10)$$

Relația (10) reprezintă ecuația cercului din fig. 4 cu diametrul 2 ρ.

Se obține :

$$2\rho = -\frac{1}{b'_1} = \frac{1}{\omega C_0} = \overline{OP'_0}.$$

b) *Determinarea poziției punctului O' în diagrama tensiunilor.* Pentru determinarea tensiunilor de fază : U'_1, U'_2, U'_3, care nu mai posedă aceleași valori numerice și nu mai sunt defazate între ele cu câte 120°, ne folosim *de metoda tensiunilor echivalente*, pentru determinarea poziției punctului O'.

Fig. 5 reprezintă diagrama tensiunilor şi a curenţilor de fază în circuitul trifazic în conectare stea nesimetric.

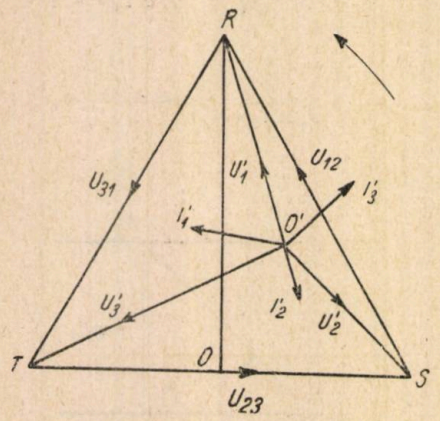


Fig. 5. Diagrama tensiunilor şi a curenţilor electrici.

Dat fiind că Z'_1 e variabil, se introduce circuitul echivalent din fig. 6, pentru determinarea curentului electric I'_1.

Se obţine :

$$U'_{i1} = I'_1 (Z'_{i1} + Z'_1) = I'_1 Z'_{1e} \qquad (11)$$

în care :

$$Z'_{i1} + Z'_1 = Z'_{1e}$$

U_{i1}, Z'_i, reprezintă tensiunea echivalentă şi impedanţa generatorului echivalent din fig. 6.

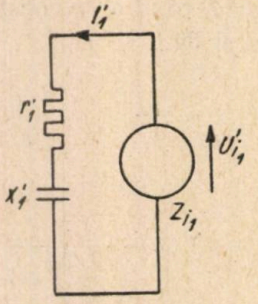


Fig. 6. Circuitul electric echivalent pentru faza întâi.

Pentru determinarea tensiunii echivalente U'_{i1} şi a impedanţei Z'_{i1} se foloseşte expresia cunoscută a curentului electric I'_1 :

$$I'_1 = \frac{U_{12} Z'_3 - U_{31} Z'_2}{Z'_1 Z'_2 + Z'_2 Z'_3 + Z'_3 Z'_1} \qquad (12)$$

din care se formează :

$$\lim_{Z'_1 \to \infty} (I'_1 Z'_1) = U'_{i1} = \frac{U_{12} Z'_3 - U_{31} Z'_2}{Z'_2 + Z'_3} \qquad (13)$$

iar pentru $Z'_1 = 0$ se mai obţine :

$$I'_{1k} = \frac{U_{12} Z'_3 - U_{31} Z'_2}{Z'_1 Z'_3}$$

astfel că :

$$Z'_{i1} = \frac{U'_{i1}}{I'_{1k}} = \frac{Z'_2 Z'_3}{Z'_2 + Z'_3} \qquad (14)$$

Atunci când se consideră : $Z'_1 = \infty$, circuitul trifazic se reduce la un circuit monofazic cu impedanţa :

$$Z'_2 + Z'_3 = 2Z'_2$$

conectat la tensiunea de borne U_{23}.

In cazul exemplului luat, se obţin două căderi de tensiuni egale, care împart tensiunea de borne U_{23} în două părţi egale.

In fig. 5 se obţine punctul O.

Ca urmare, tensiunea echivalentă U'_{i1}, se reprezintă în diagrama din fig. 5 prin :

$$U'_{i1} = \overline{OR}$$

In ce priveşte impedanţa generatorului echivalent Z'_{i1} se obţine :

$$Z_1 = \frac{Z'_2}{2} = -j \frac{1}{2\omega C_0} \qquad (15)$$

Se trece la determinarea curentului I'_1

$$I'_1 = \frac{U'_{i1}}{Z'_{i1} + Z'_1} = \frac{U'_{i1}}{Z'_{1e}}$$

In fig. 7 vârful impedanţei Z'_{1e} se deplasează pe cercul din dreapta, iar vârful curentului electric I'_1 pe cercul din stânga, când r_0 e variabil.

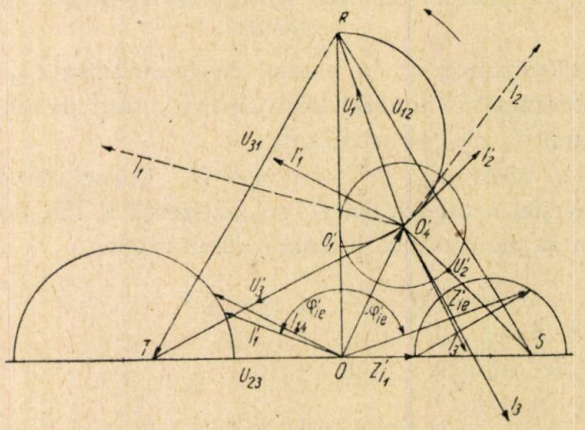


Fig. 7. Locul geometric al punctului O'_1.

Vârful căderii de tensiune $I'_1 Z'_{i1}$ care e perpendiculară pe I'_1, stabileşte poziţia punctului căutat O'.

Locul geometric al punctului O' reprezintă un cerc cu diametrul $\overline{O'_1 R}$.

Punctul O'_1 corespunde lui $r_0 = \infty$, iar punctul R corespunde lui $r_0 = 0$ (scurtcircuit).

Prin determinarea poziţiei punctului O', tensiunile de fază : U'_1, U'_2, U'_3 devin cunoscute.

Determinarea impedanței Z'_{1e}. Din :

$$Z'_{1e} = \frac{r_0}{(r_0\,\omega\,c_0)^2+1} - j\frac{r_0\,\omega\,c_0}{(r_0\,\omega\,c_0)^2+1} - j\frac{1}{2\,\omega\,c_0} =$$

$$= \frac{r_0}{(r_0\,\omega\,c_0)^2+1} - j\frac{3\,(r_0\,\omega\,c_0)^2+1)}{[(r_0\,\omega\,c_0)^2+1]\,2\,\omega\,c_0} = \quad (17)$$

$$= r'_{1e} + jx'_{1e}$$

rezultă :

$$r'_{1e} = \frac{r_0}{(r_0\,\omega\,c_0)^2+1} \qquad x'_{1e} = -\frac{3\,(r_0\,\omega\,c_0)^2+1}{[(r_0\,\omega\,c_0)^2+1]\,2\,\omega c_0} \quad (18)$$

$$\operatorname{tg}\varphi'_{1e} = -\frac{3\,(r_0\,\omega\,c_0)^2+1}{2\,r_0\,\omega\,c_0} = \frac{x'_{1e}}{r'_{1e}} \quad (19)$$

φ'_{1e} posedă un minim, când avem :

$$\frac{d}{dr_0}(\operatorname{tg}\varphi'_{1e}) = -\frac{6\,r'_0\,(\omega\,c_0)^3 - 2\,\omega\,c_0}{4\,(r_0\,\omega\,c_0)^2} = 0$$

de unde se deduce r_0^* pentru φ'_{1e} minim.

Se obține :

$$3r_0^{*2}(\omega\,C_0)^2 = 1$$

$$r_0^* = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\frac{1}{\omega\,c_0}. \quad (20)$$

In tabela 1 sunt calculate 9 poziții pentru punctul O'.

Spre exemplu pentru punctul (4) din diagrama din fig. 7 se obține

$U'_1 = 109\,400$ V $\quad U'_2 = 94\,000$V $\quad U'_3 = 152\,000$ V.

Ținându-se seama de :

$$r'_1 = \frac{r_0}{(r_0\,\omega\,c_0)^2+1} = 3\,975\ \Omega$$

$$x'_1 = -\frac{r_0^2\,\omega\,c_0}{(r_0\,\omega\,c_0)^2+1} = -\frac{7\,950^2\cdot 314\cdot 0{,}4\cdot 10^{-6}}{2} =$$

$$= -\,3\,980\ \Omega$$

$$Z'_1 = \sqrt{r'^2_1 + x'^2_1} = 5\,620\ \Omega,$$

iar I'_1 fiind deja cunoscut, se verifică valoarea găsită din diagramă pentru U'_1.

$$U'_1 = I'_1\,Z'_1 = 19{,}43\cdot 5620 = 109\,300\ \text{V}.$$

Curenții electrici : I'_2, I'_3 sunt defazați față de tensiunile U'_2 respectiv U'_3 cu 90^0 înainte, iar valorile lor numerice devin :

$$I'_2 = \frac{94\,000}{Z'_2} = \frac{94\,000}{7\,960} = 11{,}8\ \text{A}$$

$$I'_3 = \frac{152\,000}{Z'_3} = \frac{152\,000}{7\,960} = 19{,}2\ \text{A}$$

Tabela 1

Punctul	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$(r_0\,\omega\,c_0)^2$	∞	9	4	1	0,5	0,334	0,1	0,01	0
$r_0\ \Omega$	∞	23850	15900	7950	5640	$r_0^*=4600$	2520	564	0
$r'_{1e}\ \Omega$	0	2385	3180	3975	3760	3445	2290	564	0
$X'_{1e}\ \Omega$	11950	11150	10340	7960	6640	5960	4700	4060	3980
$Z'_{1e}\ \Omega$	11950	11420	10800	8900	7650	6890	5230	4100	3980
$\operatorname{tg}\varphi'_{1e}$	∞	4,69	3,26	2,0	1,765	1,73	2,05	7,2	∞
$\varphi'^{\,0}_{1e}$	90	78^0	$72^0\,30'$	$63^0\,30'$	$60^0\,30'$	$59^0\,55'$	64^0	$82^0\,5'$	90^0
$I'^{A}_1 = \frac{U_{i_1}}{Z'_{1e}}$	14,5	15,15	16,0	19,43	12,6	25,1	33,1	42,3	43,5
$\overline{00'}^{V} = I'_1\frac{1}{2\,\omega\,c_0}$	57400	60400	63800	77500	90000	100000	131800	168000	173000

Toate aceste puncte se găsesc pe un cerc.

S'a luat în mod arbitrar diferite valori pentru $(r_0\,\omega\,C_0)^2$ cu excepția valoarei dela punctul 6, pentru care r_0^* e cunoscut din relația (20).

în care : $Z'_2 = Z'_3 = -j\,\frac{1}{\omega\,c_0} = -j\,\frac{10^6}{314\ 0{,}4} =$

$$= -j\cdot 7\,960.$$

Determinarea curenților electrici de linie I_1'', I_2'', I_3''. Circutiul trifazic în conectare triunghi fiind simetric, ne conduce la determinarea curenților electrici de linie I_1'', I_2'', I_3'' în felul următor:

$$I_1'' = I_{12}'' - I_{31}'' \qquad I_2'' = I_{23}'' - I_{12}'' \qquad I_3'' = I_{31}'' - I_{23}''$$

astfel că:

$$I_1'' = \sqrt{3}\, j U_{12}\, \omega\, C_{12} = j\, 3\omega C_{12} U_1 = j\, 3\, \omega\, C_{12}\, \overline{O_1' R} +$$

$$= j \cdot 3 \cdot 314 \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 115\,000 = j \cdot 21{,}9 \text{ A}$$

în care:

$$O_1'\ R = \frac{U_{12}}{\sqrt{3}} = U_1 = 115\,000 \text{ V}$$

Se obține: $I_1'' = I_2'' = I_3'' = 21{,}9$ A.

Pentru curenții electrici de linie totali se deduce:

$$I_1 = I_1' + I_1'', \qquad I_2 = I_2' + I_2'' \qquad I_3 = I_3' + I_3''$$

exprimați în diagrama din fig. 7 pentru punctul 4, prin segmente punctate:

$$I_1 = 39{,}5 \text{ A}; \; I_2 = 36 \text{ A}; \; I_3 = 40{,}5 \text{ A}.$$

In cazul când faza întâi la sfârșitul liniei e scurt-circuitată ($r_0 = 0$) curenții electrici I_1', I_2' I_3', mai pot fi determinați și direct în felul următor:

Pentru $z_1' = 0$ rezultă:

$$I_1' = -\frac{U_{12}}{Z_2'} \qquad I_3^* = \frac{U_{31}}{Z_3'} \qquad I_1' = -(I_2' + I_3').$$

(v. fig. 8).

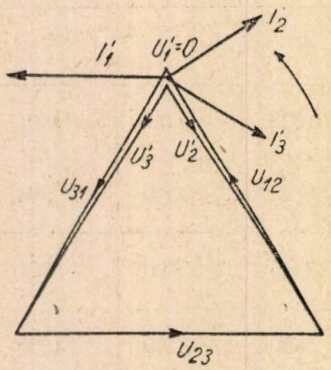


Fig. 8. Curenții electrici I_1', I_2', I_3' când $Z_2' = 0$.

Din calcul rezultă pentru punctul 9:

$$I_2' = I_3' = \frac{200\,000}{7\,960} = 25{,}1 \text{ A}$$

$$I_1' = \sqrt{3} \cdot 25{,}1 = 43{,}1 \text{ A}.$$

Pentru curenții electrici de linie totali se obține:

$$I_1 = 65{,}4 \text{ A} \qquad I_2 = 46{,}5 \text{ A} \qquad I_3 = 45 \text{ A}.$$

Relațiile exacte ale tensiunilor și curenților electrici dela începutul unei linii de transport de energie, în funcție de tensiunile și curenții electrici dela sfârșitul liniei, pot fi transformate în anumite cazuri în relațiile aferente unui circuit cuadripolar de tipul II.

Pentru determinarea curenților electrici capacitivi se mai poate face încă o simplificare, considerându-se linia de transport de energie redusă la o schemă simplă, ca aceea din fig. 3.

Folosirea metodei tensiunilor echivalente ușurează determinarea poziției punctului O' în diagrama tensiunilor de fază, într'un circuit trifazic în conectare stea nesimetric, pentru că în locul circuitului trifazic se folosesc două circuite monofazice.

Se consideră mai întâi $Z_1' = \infty$ și astfel se reduce circuitul trifazic la un circuit monofazic cu impedanța:

$Z_2' + Z_3'$ conectată la tensiunea înlănțuită U_{23}.

Prin determinarea căderilor de tensiune:

$$\frac{U_{23}}{Z_2' + Z_3'} Z_2' \qquad \frac{U_{23}}{Z_2' + Z_3'} Z_3'$$

se stabilește poziția punctului O. In exemplul luat, acest punct este situat la mijlocul lui U_{23}.

După aceea se calculează pe deoparte impedanța $Z_{i1} = \dfrac{Z_2'\ Z_3'}{Z_2' + Z_3'}$ (ca la două circuite în paralel), iar pe de altă parte se deduce din diagrama tensiunilor, tensiunea echivalentă $U_1' = \overline{OR}$.

Al doilea circuit monofazic introdus constă din conectarea impedanței $Z_{i1}' + Z_1'$ la tensiunea lui U_{i1}'

Se deduce I_1': $\dfrac{\overline{OR}}{Z_{i1}' + Z_1'}$.

Se determină așadar curentul I_1' și în fine se obține $\overline{OO'} = I_1' Z_{i1}'$. In felul acesta se obține poziția punctului O'.

Prin determinarea poziției punctului O', tensiunile nesimetrice U_1', U_2', U_3' devin cunoscute.

Prin metoda de mai sus, se obține ușor locul geometric al punctului O', când rezistența r_0 e variabilă.

Determinarea curenților electrici de linie totali este strâns legată de determinarea tensiunilor de fază ale circuitului trifazic nesimetric în conectare stea și de determinarea curenților de linie ale circuitului trifazic în conectare triunghi simetric.

★

ЕМКОСТНЫЕ ТОКИ НА ТРЕХФАЗНОЙ ЛИНИИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Резюме

На трехфазной линии высокого напряжения учитываются, как емкости между линиями, так и относительно земли.

Следовательно, трехфазная линия может быть сведена на две трехфазные цепи — одна в соединении звездой, а другая в соединении треугольником.

Если ввести в одну из фаз параллельно с емкостью относительно земли, электрическое сопротивление, которое может изменяться от бесконечности до нуля (короткое замыкание), то трехфазная цепь в соединении звездой становится несиметричной.

Определяются электрические линейные суммарные токи.

MICROFONUL ELECTRO-DINAMIC

Prof. M. MARINESCU
Membru Corespondent al Academiei R. P. R.

Pe baza metodei analogiilor electro-mecanice, se stabilesc relaţiile între diferiţii parametri constructivi ai unui microfon electro-dinamic, cu bobină mobilă, astfel încât „eficacitatea" acestui microfon să se păstreze aproximativ constantă, într'o bandă de frecvenţe cuprinsă între 50—10 000 Hz. In domeniul frecvenţelor înalte eficacitatea se menţine prin realizarea în cuprinsul microfonului, a unui filtru mecanic acustic de bandă; în domeniul frecvenţelor joase, eficacitatea se menţine prin realizarea unui al 2-lea generator (primul fiind constituit de presiunea asupra membranei) cuplat cu primul printr'un rezonator acustic.

Problema construirii în ţară a microfoanelor de calitate, este astăzi actuală, având în vedere desvoltarea Radioficării, a transmisiilor vorbite şi difuzate în fabrici, ateliere, etc., precum şi a instalaţiilor de sonorizare, de înregistrare sonoră etc.

Toate aceste aplicaţii, justifică realizarea unui prototip de microfon de calitate şi fabricarea lui în serie.

Microfonul cu cărbune, utilizat în posturile telefonice de abonat şi care se construesc încă mai demult în ţară, nu poate corespunde, exigenţelor acestor multiple aplicaţii, din cauza distersiunilor pe care le introduce în transmisie.

In trecut, pentru utilizarea restrânsă, limitată la nevoile Radiodifuziunii, microfoanele de calitate se procurau din import.

In cele ce urmează se arată problemele noi pentru industria noastră de aparataj telefonic şi care se pun în legătură cu realizarea microfoanelor de calitate şi se desvoltă principiile de bază pentru calculul şi proiectarea unui microfon de tipul electro-dinamic, cu bobină mobilă, care este totodată şi unul din cele mai răspândite microfoane de calitate. Principiile expuse aci sunt acele desvoltate în metoda sovietică de proiectare.

Afară de aspectul industrial, realizarea unui prototip de înaltă calitate şi stabilitate, prezintă un interes metrologic.

Un asemenea microfon, odată etalonat în mărimi absolute, poate servi ca microfon etalon pentru calibrarea altor microfoane, precum şi pentru măsurători acustice, de presiune, viteză, intensitate sonoră etc. Din lucrarea de faţă va reeşi şi motivul pentru care o metodă empirică de realizare a unui prototip de microfon de calitate bazată pe copierea unui microfon existent, procurat din import, nu poate da rezultate.

Ce se înţelege prin microfon de calitate? Se ştie că microfoanele cu cărbune, utilizate în posturile telefonice, transmit o bandă îngustată de frecvenţe, cuprinsă între circa 200 şi 1 000 Hz.

O asemenea bandă, suficientă pentru a transmite inteligilibitatea vocii, nu poate reda fidel, nici timbrul vocii şi nici transmisia muzicii instrumentale. In acest scop, trebue transmisă o bandă cuprinsă între 50 şi 10 000 Hz.

Un microfon de calitate va trebui deci să transmită o asemenea bandă.

Acest lucru nu se mai poate realiza cu un simplu circuit rezonant, astfel cum e cazul microfonului cu cărbune (1).

De asemenea, un microfon de calitate trebue să fie stabil; ori, reproducerea undei acustice pe calea unei rezistenţe variabile, între contacte mobile (cazul microfonului cu cărbune) nu poate îndeplini o asemenea condiţie, astfel după cum am arătat în alte lucrări (1).

Se recurge deci la utilizarea altor efecte decât rezistenţele variabile, precum utilizarea f.e.m. de inducţie, datorită deplasării unui conductor într'un câmp magnetic, efecte electrostatice, piezo-electrice etc. care transformă, în mod *stabil*, vibraţii mecanice în vibraţii electrice.

In fine, rezistenţele variabile introduc şi distorsiuni nelineare.

Toate aceste neajunsuri ale microfonului cu cărbune, îl fac impropriu pentru utilizări în care se cer transmisii electro-acustice de calitate.

Microfonul electro-dinamic, cu bobină mobilă, de presiune

In cele ce urmează ne vom ocupa de microfonul dinamic cu bobină mobilă şi care constitue reciproca difuzorului electro-dinamic.

Deasemenea, microfonul pe care îl avem în vedere este un microfon de „presiune", fără efect directiv.

Se ştie că microfoanele pot fi construite astfel încât mişcarea membranei să depindă sau de *presiunea* undei sonore, în care caz eficacitatea microfonului nu depinde de direcţia de propagare a undei (presiunea acustică într'un câmp acustic fiind aceeaşi într'un punct în toate direcţiile) sau de *diferenţa de presiune* între două puncte, într'un câmp acustic, în care caz eficacitatea depinde de direcţia de propagare a undei.

Dacă cele două puncte sunt foarte apropiate ($d \ll \lambda$), atunci diferenţa de presiune este egală cu viteza particulară a undei — în punctul respectiv. Eficacitatea, în acest caz, este maximă când membrana este perpendiculară pe direcţia de propagare a undei şi minimă (eventual zero) când membrana este paralelă cu această direcţie.

Pentru a obţine efectul unui microfon de presiune va trebui ca membrana să fie accesibilă undei sonore, pe o singură faţă.

Pentru a obţine efectul unui microfon de viteză, membrana va fi acţionată de unda sonoră, pe ambele feţe.

Ce înţelegem prin eficacitatea microfonului? La microfoane, spre deosebire de difuzoare, nu ne interesează randamentul energetic ci „eficacitatea" microfonului, adică expresia:

$$\varepsilon = \left| \frac{u}{p} \right| = f(\omega) \qquad (1)$$

unde u este tensiunea electrică produsă și p = presiunea acustică care acționează asupra membranei.

Aparatele electro-acustice, pentru reproducerea sonoră, pe cale electrică, se caracterizează în general, prin aceea că „randamentul energetic" pe deoparte și „fidelitatea" reproducerii pe de altă parte sunt proprietăți antagoniste. Deaceea la microfoane de calitate se renunță la „randament" în avantajul „fidelității". Pentru a obține totuși tensiuni capabile să acționeze aparatele receptoare se recurge la „amplificare" prin lămpi electronice.

Intervenind „amplificarea" concepția de „randament" cade și este înlocuită prin aceea de „eficacitate" definită mai sus.

Curba :

$$\varepsilon = f(\omega)$$

poartă numele de caracteristică de frecvență a microfonului.

Conform cu cele amintite la început, pentru o bună reproducere :

$$50 < \varepsilon < 1\,000 \text{ Hz.}$$

Să vedem acum care sunt, în cazul unui microfon electro-dinamic cu bobină mobilă, condițiile pentru realizarea unei asemenea „caracteristici".

Schema și principiu de funcționare. După cum se vede în fig. 1, membrana M, poartă bobina mobilă care se găsește în întrefierul magnetului permanent Mg.

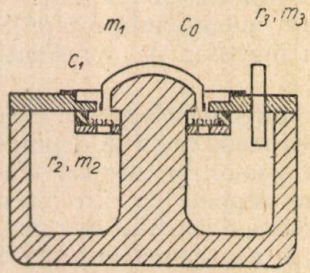


Fig. 1. Microfon electro-dinamic cu bobină mobilă.

F.e.m. produsă de bobină, de lungime l deplasându-se cu viteza v în câmpul de inducție B, va fi :

$$e = 10^{-8}\ B.l.v \text{ (volți)}$$

iar tensiunea u la bobinele de ieșire ale transformatorului de „adaptare" T, închis pe sarcina R_e (fig. 2), va fi :

$$u = R_e i = R_e \frac{ne}{n^2 R_i + R_e} = 10^{-8}\ Blv \frac{n}{1 + n^2 \frac{n_i}{R_e}}$$

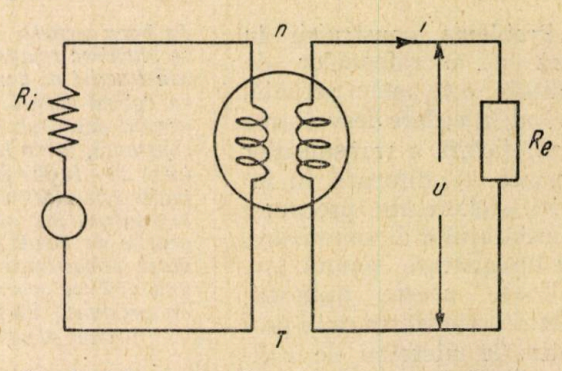
unde : n — raportul de transformare a transformatorului T.

Din expresia lui u se vede că are un maxim în raport cu n pentru $R_e = n^2 R_i$ (adaptare).

Deci :

$$u_{max} = \frac{1}{2} 10^{-8} n\ Bl\ v \text{ (volți)} \qquad (2)$$

Dacă ne dăm rezistența interioară R_i a bobinei mobile și rezistența de „grilă" R_e a lămpii amplificatoare, vom deduce din relația de adaptare, raportul n al numărului de spire dintre secundar și primar.



Fig, 2. Schema circuitului electric al microfonului

Pe dealtă parte avem :

$$|v| = \frac{S_d \times p}{|Z|} \qquad (3)$$

unde $|Z|$ este amplitutudinea impedanței mecanice a membranei, încărcată cu sarcina acustică, p amplitudinea presiunei acustice (sinusoidală) datorită sunetului care acționează membrana, iar S_d, suprafața membranei.

Rezultă din relațiile (1), (2) și (3) :

$$\varepsilon = \left| \frac{U_{max}}{p} \right| = 10^{-8} \frac{nBlS_d}{2\ Z|} \text{ volți/bari} \quad (4)$$

Determinarea impedanței mecanice z. Din expresia lui ε dată de relația (4), se vede că „eficacitatea" va depinde de frecvență în măsura în care $|z|$ depinde de frecvență.

Va trebui deci să evaluăm pe $|z|$ și să studiem variația acesteia cu ω.

Impedanța mecanică $|z|$ va depinde de următoarele elemente : caracterizând transmisia vibrațiilor dela membrană la volumul de aer cuprinse în interiorul magnetului :

1. Masa echivalentă m, a membranei și elasticitatea echivalentă (c_1), a suspensiei (fig. 1).

2. Elasticitatea C_0 a camerii din spatele membranei și care e dată de expresia :

$$C_0 = \frac{W_0}{\gamma p_0 S_d^2}$$ (W_0 este volumul acestei camere).

3. Masa m_2 și coeficientul de frecare r_2 a aerului din canalul inelar îngust dintre W_0 și W_2. Aceasta înseamnă fizicește, că o masă de aer m_2 vibrează în acest canal și întâmpină o rezistență de frecare r_2. In mod practic frecarea r_2, care trebue să fie mare după cum vom vedea, se realizează practic printr'un țesut fin de mătase.

4. Elasticitatea C_2 a camerii W_2 cuprinsă în magnet și a cărei expresie este :

$$C_2 = \frac{W_2}{\gamma p_0 S_c^2},$$

unde S_c — secțiunea efectivă în canalul inelar îngust.

Toate „elementele" definite mai sus, iau parte la vibrația membranei, influențând-o.

In fig. 3, am figurat schematic succesiunea acestor elemente.

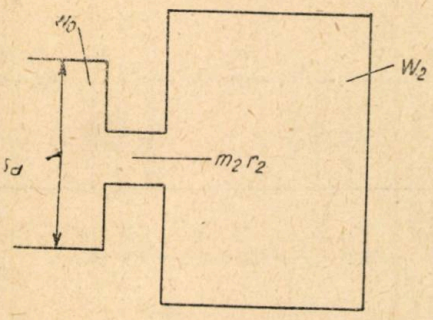


Fig. 3. Schema succesiunii elementelor mecanice și acustice în transmisia vibrațiilor mecanice.

Vom observa deasemenea că vibrațiile suferă și o transformare de viteză în trecerea dela secțiunea S_d la secțiunea S_c : viteza lui m_2 va fi de ν_1 ori viteza lui m_1, dacă :

$$\nu_1 = \frac{S_d}{S_c},$$

Metoda analogiilor electro-mecanice. In baza principiilor de echivalență între circuitele mecanice și electrice sistemul mecanic definit prin „elementele" de mai sus, este echivalent cu cir-

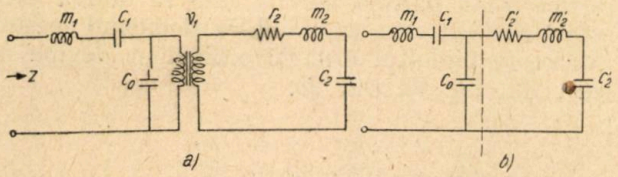


Fig. 4. Circuite electrice „echivalente" cu sistemul mecano-acustic din fig. 3.

cuitul electric din fig. 4 *a*, *b*, a cărui impedanță de intrare este chiar Z și unde :

$$r'_2 = \nu_1^2 r_2\,; \quad m'_2 = \nu_1^2 m_2\,; \quad c'_2 = \frac{C_2}{\nu_1^2}$$

Observăm, pe circ. echivalent (4*b*), că secțiunea : m_1, C_1, C_0, constitue o celulă a unui filtru de bandă în Γ (fig. 5), definit prin impedanțele

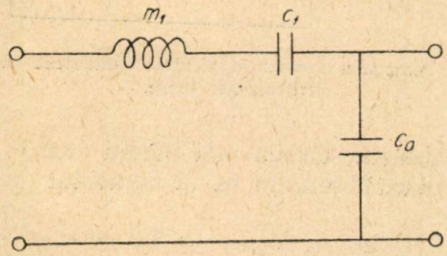


Fig. 5. Schema unei celule de filtru de bandă în Γ.

serie Z_1 și derivație Z_2 :

$$Z_1 = j\,(m_1\,\omega - \frac{1}{c_1\omega})\,; \; Z_2 = \frac{1}{j\,\omega\,c_0}.$$

Frecvențele de tăiere ω_1 și ω_2 ale unui asemenea filtru sunt :

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{m_1\,c_1}}$$

$$\omega_2 = \frac{2}{\sqrt{m_1}}\sqrt{\frac{1}{c_0} + \frac{1}{4c_1}} = \sqrt{\omega_1^2 + \frac{4}{m_1 c_0}},$$

iar impedanța de undă :

$$Z_H = \frac{m_1\,\omega_2}{2}\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega^2}\right)\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_2^2}\right)} + j\left(\frac{m_1\omega}{2} - \frac{1}{2C_1\omega}\right)$$

al cărei modul (Z_H), va fi :

$$|Z_H| = \frac{m_1\omega_2}{2}\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega^2}\right)\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}\right)}.$$

In fig. 6, am reprezentat, în funcție de $\frac{\omega}{\omega_1}$ și pentru $\omega_2 = 20\ \omega_1$, reactanțele r_H, x_H, Z_H, reduse la $\frac{m_1\omega_2}{2}$.

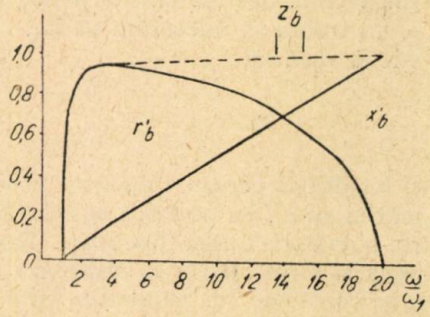


Fig. 6. Reactanțele reduse r'_H, x'_H și Z'_H a unui filtru în Γ — în funcție de frecvență.

Avem astfel :

$$r'_H = \frac{r_H}{\frac{m_1\omega_2}{2}} = \sqrt{\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega^2}\right)\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_2^2}\right)}$$

$$x'_H = \frac{x_H}{\frac{m_1\omega_2}{2}} = \frac{\omega}{\omega_2}\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega^2}\right)$$

$$z'_H = \sqrt{\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega^2}\right)\left(1 - \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}\right)}$$

Se vede de aci că impedanța de undă $|Z_H|$ în intervalul : $\omega_1 \leqslant \omega \leqslant \omega_2$ are o valoare aproape constantă și egală cu $\frac{m_1\omega_2}{2}$.

In cazul când celula în Γ' a filtrului de bandă considerat, este terminată ca în fig. 4 *b*, printr'o celulă ale cărei elemente r'_2, m'_2, c'_2, și deci impedanța :

$$r'_2 + j\left(m'_2\,\omega - \frac{1}{c'_2\omega}\right)$$

reproduc identic impedanța Z_H a celulei în Γ, atunci impedanța Z a sistemului din fig. 4 *b*, va fi egală cu Z_H deci :

$$Z \approx \frac{m_1\,\omega_2}{2}$$

în banda de frecvențe $\omega_1 \leqslant \omega \leqslant \omega_2$.

Identificând pe Z_H cu impedanţa celulei r'_2, m'_2, c'_2 obţinem pentru aceste elemente, valorile :

$$m'_2 = \frac{m_1}{2} \quad \text{deci} \quad m_2 = \frac{m_1}{2\nu_1^2}$$

$$c'_2 = 2\,c_1 \quad \text{deci} \quad c_2 = 2\,\nu_1^2\,c_1.$$

In ceeace priveşte pe r'_2 acesta nu poate fi egal cu r_H decât la o singură frecvenţă. Totuşi luându-se $r'_2 = 0{,}9\,\frac{m_1\,\omega_2}{2}$, obţinem pentru Z aproape egalitate cu Z_H în banda $\omega_1 - \omega_2$; rezultă :

$$r_2 = 0{,}45\,\frac{m_1\,\omega_2}{\nu_1^2}.$$

Revenind la eficacitatea ε a microfonului, vom avea :

$$\varepsilon = 10^{-8}\,\frac{nBlS_d}{m_1\,\omega_2} \text{ volţi/bari.}$$

Se observă că ε variază invers proporţional cu $m_1\,\omega_2$; dacă vrem deci să mărim pe ω_2, păstrând acelaşi ε, va trebui să micşorăm pe m_1.

Am văzut însă că :

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{m\,c_1}}.$$

De aci rezultă că pentru a menţine pe ω_1 va trebui să mărim pe c_1. In practică $\omega_1 = 2\pi\,500$ sec.

Pentru a coborî totuşi frecvenţa limită inferioară până la circa 50 Hz se utilizează tubul lateral, care constitue un generator care intră în funcţie la frecvenţele joase şi care mai introduce în transmisie elementele m_3, r_3 precum şi trans. acustic de raport de transformare :

$$\nu_2 = \frac{S}{S_t}$$

unde : S_t — secţiunea tubului.

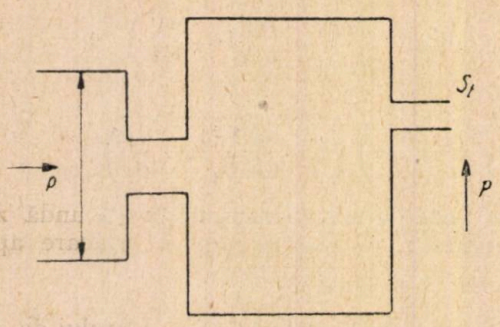


Fig. 7. Schema ansamblului mecano-acustic cu tub auxiliar S.

Vom avea deci schema electrică echivalentă din fig. 8*a* care completează pe aceea din fig. 4*a* şi în care avem cei doi generatori

$$pS_d \quad \text{şi} \quad pS_t.$$

Infine în fig. 8*b*, vom avea schema echivalentă a circuitului, redusă la circuitul primar, în care :

$$m''_3 = \nu_1^2\,\nu_2^2\,m_3\,; \quad r''_3 = \nu_1^2\,\nu_2^2\,\nu_3$$

iar r'_2, m'_2, c'_2 sunt aceeaşi ca în fig. 4*b*.

In ceeace priveşte generatorul pS_t redus la prima r, avem :

$$p\,S_t\,\nu_1\nu_2 = \frac{S_d}{S_c}\,\frac{S_c}{S_t}\,p\,S_t = p\,S_d.$$

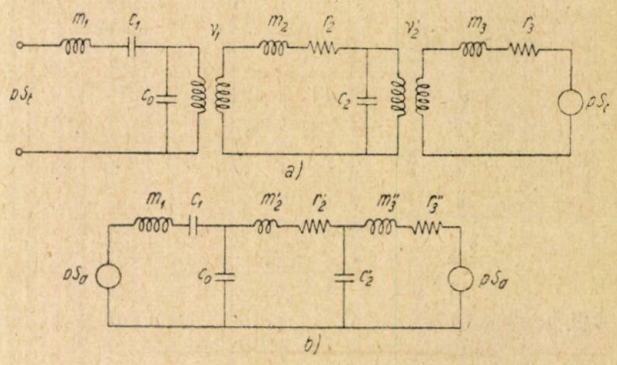


Fig. 8. Schema circuitelor electrice echivalente a sistemului din fig. 7.

Dimensionând pe m''_3 astfel încât pentru $\omega > \omega_1$, să avem :

$$m''_3\,\omega \geqslant \frac{1}{c\,\omega}.$$

Se vede că în acest domeniu ($\omega > \omega_1$) generatorul auxiliar este scurt-circuitat de C'_2. Efectul lui nu se va resimţi decât pentru $\omega < \omega_1$. In acest domeniu C_0 prezintă o reactanţă foarte mare astfel încât puţinul curent care se derivă prin acest element este neglijabil. In domeniul acestor frecvenţe circuitul electric echivalent devine acela din fig. 9*a* sau 9*b*.

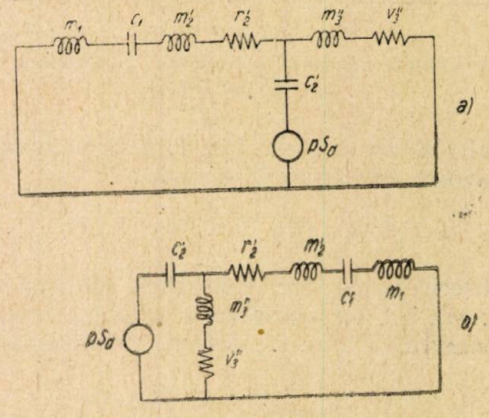


Fig. 9. Schemele circuitului electric echivalent în domeniul frecvenţelor joase.

In această schemă mai putem face o simplificare, dacă observăm că în domeniul : $\omega < \omega_1$,

$$j\omega\,(m_1 + m'_2) = j\omega\;1{,}5\;m_1 < \frac{1}{j\,c_1\,\omega}.$$

De asemenea tubul se alege astfel încât în acelaşi domeniu de frecvenţe :

$$r''_3 \ll m''_3\,\omega.$$

Rezultă schema din fig. 10 :

Scriind echilibrul tensiunilor în cele două bucle, obţinem relaţiile

$$pS_d = \frac{v_1}{j\omega c_2'} + (v_1 - v)\, j\, m''_3\, \omega$$

$$O = -(v_1 - v)\, j\, m''_3\, \omega + v\left(r'_2 + \frac{1}{j c_1 \omega}\right)$$

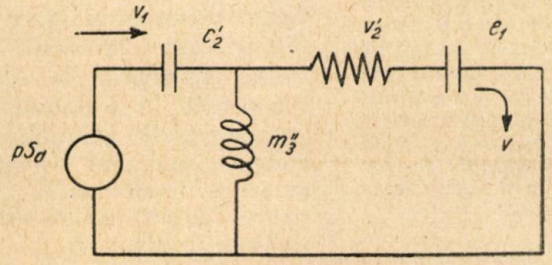


Fig. 10. Schema simplificată, în domeniul frecvenţelor joase.

unde v este viteza membranei;

Eliminând pe v_1, obţinem:

$$pS_d = v\left[\left(r'_2 + \frac{1}{j\omega c_1}\right)\left(1 - \frac{1}{\omega^2 m''_3 c'_2}\right) + \frac{1}{j\omega c'_2}\right].$$

Introducând parametrii:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{m''_3 c'_2} = \frac{1}{D_2^2 m_3 c_2} = \frac{1}{m_3 c_3}$$

unde:

$$c_3 = \nu_2^2\, c_2 = \frac{Sc^2}{S_c^2}\,\frac{W_2}{\gamma p_0 S_0^2} = \frac{W_2}{\gamma p_0 S_c^2}$$

vedem îndată semnificaţia fizică a lui ω_0, care este pulsaţia proprie a rezonatorului W_2, m_3. Făcând înlocuirile obţinem:

$$v = \frac{p\, S_d}{\left(r'_2 + \frac{1}{j\omega C_1}\right)\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right) + \frac{1}{j\omega C'_2}}$$

sau:

$$|z| = \left|\frac{p\, S_d}{v}\right| = \left\{r'^2_2\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}\left(1 + \frac{C_1}{C'_2} - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2\right\}^{1/2}$$

dar am văzut că:

$$\frac{c_1}{c'_2} = 0{,}5\,;\quad r'_2 = 0{,}45\, m,\ \omega_2\,;\quad c_1 = \frac{1}{\omega_1^2 m_1}.$$

Rezultă:

$$|z| = m_1\sqrt{(0{,}45\ \omega_2)^2\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{\omega_1}{\omega^2}\left(1{,}5 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2}.$$

Din această expresie se vede influenţa rezonatorului ω_2, care graţie frecvenţei proprii $\omega_0 \ll \omega_1$, permite ca impedanţa Z să nu se anuleze în acest domeniu din cauza rezonanţei membranei, ci să se menţină aproximativ constantă şi egală cu $Z \cong \frac{m_1 \omega_2}{2}$.

Astfel în fig. 11 am reprezentat pe $|Z|$ după expresia de mai sus, în care $f_0 = 50$ Hz; $f_1 = 500$ Hz; $f_2 = 10\,000$ Hz; $m_1 = 1$ g.

Se poate vedea că în cele două domenii

$$\omega_0 < \omega < \omega_1\,; \qquad \omega_1 < \omega < \omega_2$$

$Z|$ rămâne aproximativ constant.

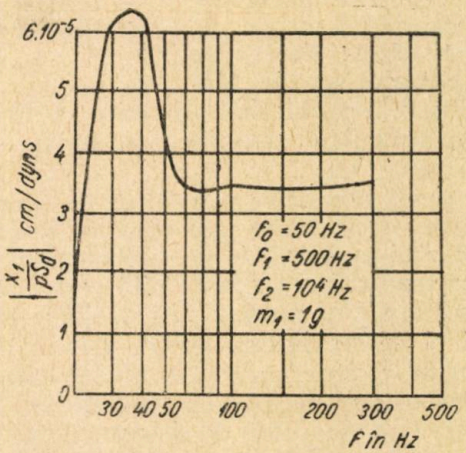


Fig. 11. Caracteristica de frecvenţă în domeniul frecvenţelor joase.

Din cele de mai sus s'a putut vedea că o transmisie pe bandă largă (50—10 000 Hz), printr'un sistem electro-acustic se obţine numai graţie sistemelor cuplate, realizând filtre mecano-acustice, analoage cu filtrele electrice.

Calităţile de transmisie ale acestor filtre depind în ultimă analiză de *constantele materialelor* acusto-mecanice care alcătuesc aceste filtre.

Chiar dacă realizăm deci un microfon care să reproducă identic, din punct de vedere al dimensiilor geometrice, un anumit model, performanţele celor 2 aparate pot diferi între ele foarte mult, din cauza constantelor materialelor care sunt diferite.

Observăm deasemeni că principiile de proectare a unui microfon de calitate necesită punerea în valoare a unei tehnici înaintate pe care am căutat să o redăm în această lucrare. Proectarea propriu zisă va face obiectul unei alte lucrări.

Bibliografie:

1. *Marinescu M.*: Despre microfon, evoluţia şi progresele realizate. Conf. de documentare Telecom. 12 (1945).
2. *Furduev*: Electroacustica.

★

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ МИКРОФОН

Резюме

Излагается метод проектирования электродинамического типа микрофона по советскому автору Фудуеву, в котором распространение эффективности микрофона на область высоких частот, получается посредством соединенной механическоакустической цепи и образует фильтр вида „Г".

В области низких частот, получается расширение на одну октаву, при применении второго источника акустического давления, который входит в действие при этих частотах.

STABILITATEA STATICĂ A SISTEMELOR ELECTRICE

Ing. D. SOARE

Se expune problema stabilității funcționării în paralel a sistemelor electrice interconectate și principiul puterii maxime transmisibile, indicând totodată influența unghiului θ dintre forțele electro motoare ale mașinilor sincrone interconectate asupra stabilității statice, precum și mijloacele de ameliorare a condițiilor de stabilitate. Se indică apoi modul de calcul pentru verificarea stabilității statice și se dă un exemplu de calcul. La sfârșit, se fac considerații asupra cazului mai multor centrale interconectate.

I. In urma consumului crescând de energie electrică, a fost nevoie să se interconecteze centralele producătoare de energie electrică pe o scară din ce în ce mai mare. S'au creat astfel sistemele energetice care cuprind centrale de diferite feluri: centrale termoelectrice cu și fără termoficare, centrale hidroelectrice pe firul apei sau cu acumulare, centrale cu pompare, cu motoare Diesel, etc.

Sistemele energetice permit, pe de o parte, să se obțină o siguranță mai mare în satisfacerea consumului după curbele de sarcină caracteristice ale consumatorilor, iar pe de altă parte, să se folosească din plin puterea disponibilă a centralelor și să se stabilească pentru fiecare centrală un regim de funcționare cu randament optim.

Mergând mai departe cu tendința de interconectare, s'au legat între ele și aceste sisteme energetice, pentru a beneficia de surplusul de putere disponibilă într'unul din sisteme în momentul când celălalt sistem se află în deficit, precum și pentru a asigura mai bine serviciul în caz de defecte în oricare din cele două sisteme.

Experiența a dovedit însă că există uneori dificultăți în ceeace privește mersul în paralel al unităților interconectate. S'a constatat anume că pe măsură ce puterea activă transportată pe o linie de interconexiune crește, se ivesc oscilații pendulare din ce în ce mai mari între generatorii centralelor interconectate, oscilații ce devin supărătoare și conduc la decroșare în cele din urmă, dacă această putere transportată a depășit o anumită limită.

Prin urmare, în regim normal, puterea activă transportată printr'un sistem de interconexiune electrică nu poate depăși o anumită limită, fără a periclita stabilitatea funcționării în paralel a unităților interconectate.

La proiectarea unui sistem de interconexiune electrică, trebue să se verifice dacă puterea ce se prevede a fi transportată în condițiile de lucru prevăzute, nu depășește limita admisibilă din punctul de vedere al stabilității. Această parte a problemei poartă numele de *problema stabilității statice*. Ea se referă numai la regimul normal de lucru și este o problemă pur electrică.

Experiența a mai dovedit pe de altă parte că un sistem perfect stabil în regim normal poate deveni nestabil în caz de defecte, adică unitățile pot decroșa, spre ex. în caz de scurtcircuit pe linia de interconexiune, chiar după înlăturarea scurtcircuitului, în urma oscilațiilor pendulare provocate de acesta. Acest fenomen este ceva mai complicat, deoarece nu depinde numai de elementele electrice, ci și de mărimile mecanice aflate în joc: inerția mașinilor, acțiunea regulatorilor, timpul de rupere al întreruptorilor, etc. Problema ce trebue rezolvată în acest caz constă în a determina caracteristicile utilajului ce trebue prevăzut pentru evitarea fenomenului. Ea poartă numele de *problema stabilității dinamice*.

II. Teoretic se dovedește că un sistem electric de transmitere a energiei, cu valori date ale tensiunilor la cele două extremități ale sale, nu poate transmite o putere mai mare decât o putere dată: $P \leqslant p_m$. Dată fiind importanța acestei teoreme din punctul de vedere care ne interesează, vom stabili valoarea puterii maxime teoretice transmisibile, în funcție de datele problemei: tensiunile la extremitățile de intrare și eșire ale sistemului, unghiul electric dintre aceste tensiuni și constantele electrice ale sistemului respectiv.

Fie un sistem electric absolut oarecare de transmitere a energiei, conținând transformatori, linie cu impedanță și cu admitanță transversală.

Se cunosc relațiile

$$\overline{U}_1 = \overline{A}\cdot\overline{U}_2 + \overline{B}\cdot\overline{I}_2 \qquad \overline{U}_2 = \overline{D}\cdot\overline{U}_1 - \overline{B}\cdot\overline{I}_1$$

$$\overline{I}_1 = \overline{C}\cdot\overline{U}_2 + \overline{D}\cdot\overline{I}_2 \qquad \overline{I}_2 = -\overline{C}\cdot\overline{U}_1 + \overline{A}\cdot\overline{I}_1$$

în care:

$$\overline{A} = a_1 + j\,a_2 = A\cdot e^{j\alpha} \qquad B = b_1 + j\,b_2 = B\cdot e^{j\beta}$$

$$\overline{C} = c_1 + j\,c_2 = C\cdot e^{j\gamma} \qquad D = d_1 + j\,d_2 = D\,e^{j\delta}$$

sunt constantele electrice complexe ale sistemului, iar $j = \sqrt{-1}$. Pentru o simplă linie, aceste constante au forma unor funcții complexe hiperbolice. In orice caz, ele sunt legate prin relația:

$$\overline{A}\cdot\overline{C} - \times\,\overline{B}\cdot\overline{D} = 1.$$

Puterea activă transmisă la extremitatea receptoare este:

$$P_2 = \frac{U_1\cdot U_2}{B}\cos(\beta - \theta) - U_2^2\,\frac{a_1\cdot b_1 + a_2\cdot b_2}{B^2}. \qquad (1)$$

Puterea activă transmisă la extremitatea emițătoare este dată de o relație analoagă.

Constantele complexe ale sistemului, precum și modulele tensiunilor U_1 și U_2 fiind date, relația (1) reprezintă o funcție $f(P_2,\theta) = 0$, adică ne dă puterea transmisă în funcție de unghiul celor două tensiuni. Se vede că P_2 are o valoare maximă care corespunde unghiului $\theta = \beta$:

$$P_{2m} = \frac{U_1 U_2}{B} - U_2^2\,\frac{a_1 b_1 + a_2 b_2}{B^2}. \qquad (2)$$

Această valoare nu poate fi depășită decât mărind tensiunile U_1 și U_2.

In foarte multe cazuri se poate neglija admitanța transversală a sistemului. In acest caz, puterea transmisă la extremitatea receptoare este :

$$P_2 = \frac{U_1 U_2}{Z} \cos(\psi - \theta) - \frac{U_2^2}{Z} \cos \psi, \quad (3)$$

unde : $\overline{Z} = Z \cdot e^{j\psi} = R + jX$ este impedanța, R rezistența și X reactanța sistemului.

Puterea maximă transmisibilă este :

$$P_{2m} = \frac{U_1 U_2}{Z} - \frac{U_2^2}{Z} \cos \psi \quad (4)$$

și corespunde unghiului $\theta = \psi = \text{arc tg } \frac{X}{R}$.

Dacă se neglijează rezistența, ceeace este posibil în unele cazuri, se obține relația simplă :

$$P_2 = \frac{U_1 U_2}{X} \sin \theta, \quad (5)$$

care reprezintă o sinusoidală, al cărei maxim :

$$P_{2m} = \frac{U_1 U_2}{X} \quad (6)$$

corespunde unghiului $\theta = \frac{\pi}{2}$.

De observat că unghiurile β și ψ din relațiile (1) și (3) nu diferă mult în general de $\frac{\pi}{2}$, astfel încât valorile lui θ ce rezultă din aceste relații pentru valoarea lui P_m :

$\theta = \beta$, $\theta = \psi$, nu diferă mult de $\theta = \frac{\pi}{2}$.

Se menționează că în toate aceste relații, dacă tensiunile între faze U_1 și U_2 sunt exprimate în kV, iar B, Z, X în Ω pe fază, rezultatul este obținut în MW și reprezintă puterea totală trifazică. Dacă tensiunile sunt exprimate în V, rezultatele se obțin în W.

III. Odată stabilit principiul puterii maxime transmisibile, se poate trece la examinarea stabilității funcționării în paralel a unităților dela cele două extremități ale sistemului electric de transmitere a energiei. Fie un sistem electric de transmitere de energie format din

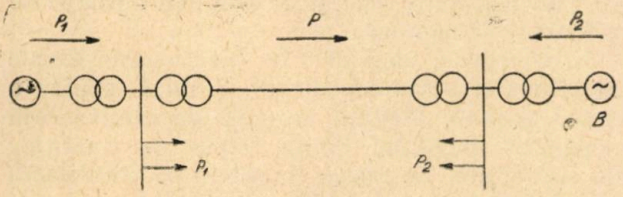


Fig. 1. Schema unui sistem de interconexiune electrică.

1. Centrala A reprezentată printr'un generator echivalent, cu transformatorul ridicător respectiv. Aceasta centrală debitează o putere P_1, din care puterea p_1 este absorbită în sistemul energetic respectiv, iar diferența $P = P_1 - p_1$ este transimsă în sistemul B.

2. Un sistem electric format din transformator ridicător, linie și transformator coborîtor, care transmite puterea P.

3. Centrala B reprezentată printr'un generator echivalent, cu transformatorul respectiv. Puterea debitată fiind P_2, iar puterea cerută de sistem p_2, diferența $p_2 - P_2$ este acoperită de puterea P trimisă de sistemul A : $P = p_2 - P_2$.

Pentru studiul calitativ al fenomenului stabilității, se poate considera că fiecare din cele două centrale acoperă nevoile sistemului energetic respectiv, iar puterea P este absorbită de generatorul B, funcționând ca motor sincron, adică B funcționează pe de o parte ca generator debitând puterea p_2, iar pe de altă parte ca motor absorbind puterea P. Puterile debitate de cei doi generatori în rețelele respective nu interesează pentru moment, așa că din punct de vedere al stabilității s'ar putea considera sistemul echivalent simplificat din fig. 2, compus din :

1. Generator sincron debitând o putere P.
2. Sistem de transmitere a energiei compus din transformatori și linie, transmițând puterea P.
3. Motor sincron M, care absoarbe puterea P.

Vom neglija pierderile în linie.

De fapt, după cum se va vedea în exemplul de calcul, reactanțele se modifică prin această simplificare, însă calitativ, rezultatul este același.

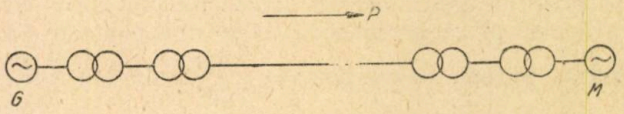


Fig. 2. Schemă simplificată, echivalentă a unui sistem de interconexiune.

Să presupunem că diagrama tensiunilor, simplificată, este cea din fig. 3. $\overline{OA}$ este forța electromotoare $\overline{E}_1$ a generatorului, $\overline{OB}$ este forța electromotoare $\overline{E}_2$ a motorului, iar $\overline{AB}$ este căderea de tensiune în sistem. Direcțiile forțelor electromotoare $\overline{OA}$, $\overline{OB}$ fiind rigid legate de pozițiile rela-

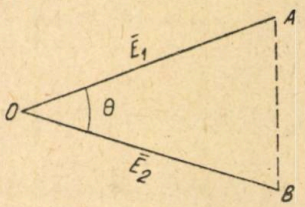


Fig. 3. Diagrama tensiunilor simplificată.

tive ale rotoarelor respective, să presupunem că dintr'o cauză oarecare motorul rămâne puțin în urmă și unghiul θ crește cu o cantitate $\Delta\theta$. Pentru stabilitate, este nevoe ca acestei creșteri a unghiului θ să îi corespundă o creștere ΔP a puterii transmise, astfel ca unghiul θ să tindă a reveni la valoarea sa inițială. Deci, pentru $\Delta\theta > 0$, trebue să avem $\Delta P > 0$. Invers, pentru $\Delta\theta < 0$, trebue ca $\Delta P < 0$. In general, trebue să avem $\boxed{\frac{\Delta P}{\Delta \theta} > 0}$.

Stabilitatea va fi cu atât mai bună, cu cât cantitatea $\frac{\Delta P}{\Delta \theta}$ — numită și *putere sincronizantă* —

va fi mai mare. Sistemul va fi labil pentru $\frac{\Delta P}{\Delta \theta} = o$ și nestabil pentru $\frac{\Delta P}{\Delta \theta} < o$.

Derivând relațiile (1), (3), (5), se obține valoarea puterii sincronizante:

$$\frac{dP}{d\theta} = \frac{U_1 U_2}{B} \sin(\beta - \theta) \qquad (7)$$

$$\frac{dP}{d\theta} = \frac{U_1 U_2}{Z} \sin(\psi - \theta) \qquad (8)$$

$$\frac{dP}{d\theta} = \frac{U_1 U_2}{X} \cos\theta. \qquad (9)$$

Se vede că $\frac{dP}{d\theta}$ este maxim pentru $\theta = o$; el scade pe măsură ce θ crește și este nul pentru valoarea lui θ corespunzătoare lui P_{max}. Pentru valori mai mari ale unghiului θ, adică respectiv

$$\theta > \beta; \quad \theta > \psi; \quad \theta > \frac{\pi}{2}$$

$\frac{dP}{d\theta} < o$ și sistemul devine nestabil.

Practic însă, sistemul devine nestabil chiar înainte de atingerea acestei limite ale unghiului θ, prin faptul că pe măsură ce ne apropiem de limită, puterea sincronizantă $\frac{dP}{d\theta}$ devine prea mică pentru a împiedica oscilațiile pendulare ce survin din cauza fluctuațiilor normale ale puterii transmise, fluctuații impuse de variațiile de sarcină ale consumatorilor.

Aceasta se poate vedea din examinarea relațiilor (7) (8) și (9) Mai intuitiv însă se poate vedea acest lucru din diagramele circulare al puterii transmise. Din ecuațiile cuadripolului menționate la început și pe baza cărora s'a dedus relația (1), se deduc următoarele relații:

$$(P_1 - hU_1^2)^2 + (Q_1 - kU_1^2)^2 = \left(\frac{U_1 U_2}{B}\right)^2 \qquad (10)$$

și

$$(P_2 + lU_2^2)^2 + (Q_2 + mU_2^2)^2 = \left(\frac{U_1 U_2}{B}\right)^2 \qquad (11)$$

unde P_1, Q_1, P_2, Q_2 sunt puterile active și reactive transmise la cele două extremități și unde s'au adoptat următoarele notații prescurtate:

$$h = \frac{d_1 b_1 + d_2 b_2}{B^2} \qquad k = \frac{d_1 b_2 - d_2 b_1}{B^2}$$

$$l = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2}{B^2} \qquad m = \frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{B^2}.$$

Dacă se ia un sistem de coordonate cu puterea activă în abscisă și puterea reactivă în ordonată, relațiile (10) și (11) reprezintă niște cercuri. Ne vom referi în special la relația (11); relația (10) este cu totul analoagă. Cercul reprezentativ al relației (11) are centrul situat în punctul de coordonate $-lU_2^2$, $-mU_2^2$ și raza egală cu $\frac{U_1 U_2}{B}$.

Punctul reprezentativ al puterii P_{max} este Q' corespunzând unghiului $\theta = \beta$. Pentru a atinge această putere maximă, trebue să se transmită în sens invers o putere reactivă egală cu $\overline{P_{max}\,Q'}$. In cazul când puterea P_{max} este cerută cu un

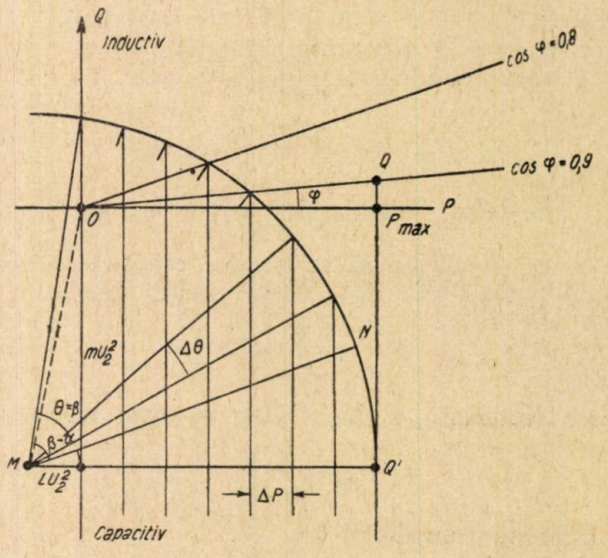


Fig. 4. Diagrama circulară a puterilor transmise într'un sistem de transmitere a energiei.

factor de putere inductiv, spre exemplu 0,9, puterea reactivă necesară $\overline{Q\,P_{max}}$ va trebui produsă tot la extremitatea receptoare, astfel că va fi nevoe aci de o sursă de putere reactivă $\overline{QQ'}$.

Dacă păstrăm pe U_2 constant și dăm lui U_1 diferite valori: $U_1 = 1{,}1\ U_2$; $1{,}05\ U_2$; U_2; $0{,}95\ U_2$, etc., obținem o familie de cercuri concentrice; invers, dacă păstrăm pe U_1 constant și dăm lui U_2 diferite valori, obținem o familie de cercuri în care centrul se află pe dreapta $\overline{MO}$ la o distanță proporțională cu U_2^2, iar raza este porporțională cu U_2. Cu ajutorul acestor cercuri se poate studia transmiterea puterilor prin sistem pentru diferitele valori ale tensiunilor la extremități.

Din punct de vedere al stabilității, se poate constata pe figură că pentru același ΔP, $\Delta\theta$ este cu atât mai mare, cu cât P este mai aproape de valoarea lui maximă.

In concluzie, unghiul θ de funcționare trebue menținut la o valoare destul de mică, pentru a putea permite oscilații normale de sarcină fără depășirea unghiului limită impus de condițiile de stabilitate. Se poate considera că securitatea stabilității este asigurată pentru un unghiu de funcționare θ cuprins între 50^0 și 60^0, adică pentru o putere transmisă de circa $70 - 75\%$ din puterea maximă transmisibilă.

IV. Pentru verificarea stabilității statice, trebue deci trasată diagrama tensiunilor și măsurat unghiul θ cuprins între forțele electromotoare ale mașinilor sincrone dela extremitățile sistemului; cu cât acest unghiu este mai mic, cu atât stabilitatea este mai bună.

In fig. 5 se vede un exemplu de o asemenea diagramă aplicată unui sistem compus din generator,

transformator ridicător, linie, transformator coborîtor, motor sincron. Unghiul θ este unghiul cuprins între cele două forțe electromotoare $\overline{OA}$ și $\overline{OB}$.

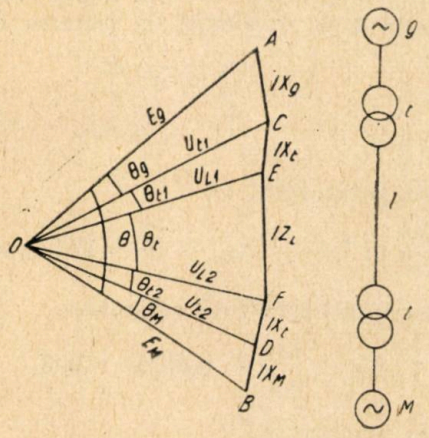


Fig. 5. Diagrama tensiunilor într'un sistem de transmitere a energiei dela un generator la un motor sincron.

Dacă unghiul θ rezultat este prea mare, se pot lua măsuri speciale pentru micșorarea reactanței liniei (capacități în serie) sau se poate prevedea o stație de menținere a tensiunii cu compensator sincron sau capacități reglabile la mijlocul liniei, pentru menținerea constantă a tensiunii în acel punct (fig. 6).

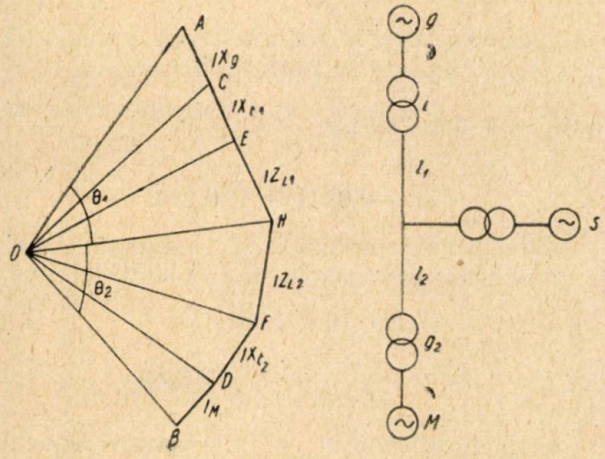


Fig. 6. Diagrama tensiunilor într'un sistem de transmitere a energiei, prevăzut cu compensator sincron la mijloc.

In acest caz trebue considerate separat cele două porțiuni ale sistemului, cu cele două unghiuri θ_1 și θ_2 respective. Se vede ușor că în acest caz, pentru aceeaș putere, unghiurile θ_1 și θ_2 sunt mult mai mici. Aceasta permite o mărire considerabilă a puterii transmisibile. In întocmirea acestor diagrame se pune problema reactanțelor mașinilor sincrone ce trebue prevăzute în calcule. Pentru a o rezolva, să examinăm diagrama tensiunilor unui generator sincron (fig. 7).

U este tensiunea la borne, E_a, forța electromotoare aparentă și XI căderea de tensiune datorită reactanței sincrone. Se neglijează rezistența și saturația.

Dacă mașina nu este prevăzută cu regulator rapid de tensiune, iar reglajul se face manual și dacă variațiile de regim sunt lente, forța electromotoare E_a se menține constantă în timpul acestei variații. Dacă însă mașina are regulator rapid de tensiune, f.e.m. E_a nu mai este constantă în timpul variațiilor de regim; regulatorul este capabil să mențină constantă o altă tensiune $\overline{OC}$, cu atât mai apropiată de tensiunea la borne $\overline{OA}$, cu cât acționarea sa este mai rapidă. Prin aceasta se micșorează considerabil reactanța mașinii și unghiul de funcționare θ și se ameliorează stabilitatea cu atât mai mult, cu cât reglajul de tensiune este mai rapid.

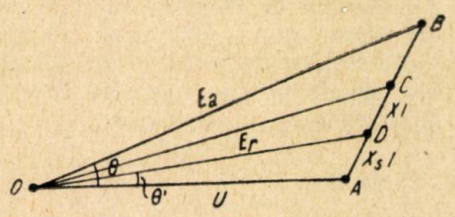


Fig. 7. Diagrama tensiunilor unui generator sincron

Aceasta arată importanța covârșitoare pe care o are regulatorul rapid de tensiune în stabilitatea funcționării în paralel a diferitelor centrale. Acest efect al ameliorării stabilității cu ajutorul reglajului rapid de tensiune, care permite funcționarea cu unghiuri θ, corespunzătoare reactanței sincrone, mai mari de 90°, poartă numele de *stabilitate artificială*.

Pentru a ține seama de stabilitatea artificială în cazul reglajului rapid al tensiunii, se obișnuește adeseori a se introduce în calcule tot reactanța sincronă și pentru cazul mașinilor prevăzute cu regulatori rapizi, însă se admite în acest caz un unghiu θ egal cu $\frac{\pi}{2}$, pentru întregul sistem.

Academicianul sovietic *Lebedev* a adus o contribuție prețioasă în această chestiune prin comunicarea făcută la Conferința Internațională a marilor rețele de înaltă tensiune din 1948. El a arătat că în cazul regulatorilor cu lămpi electronice, precum și în cazul generatorilor compoundați și dotați cu corector de tensiune, sistem generalizat azi în U.R.S.S., se pot efectua calculele ținând seama de reactanța tranzitorie. Deasemenea, el a insistat asupra avantajelor indiscutabile ale unui reglaj rapid al tensiunii din punct de vedere al stabilității, precum și în special asupra avantajului corectorului de tensiune, fără contacte mișcătoare, care asigură un reglaj permanent al tensiunii, fără zonă de insensibilitate.

Dacă variațiile de regim sunt rapide și de scurtă durată, trebue observat că din cauza inerției circuitului magnetic al mașinii, se menține constantă forța electromotoare E_r din spatele reactanței tranzitorii (de scăpări). Prin urmare, în calculele de stabilitate dinamică, se va introduce în orice caz reactanța tranzitorie (de scăpări).

Puterea debitată de mașina sincronă este deci:

$$P = \frac{E_a U}{X} \sin \theta = \frac{E \cdot U}{X_s} \sin \theta'. \qquad (13)$$

Rezumând :

a) pentru stabilitatea statică se aplică fie prima egalitate cu E_a, X (sincronă) şi θ, fie a doua egalitate cu E_r, X_s (tranzitorie) şi θ' sau valori intermediare, după modul cum se efectuează reglajul tensiunii ;

b) pentru stabilitatea dinamică se aplică a doua egalitate cu E_r, X_s şi θ'.

Pentru hidroalternatori şi în general pentru maşinile cu poli aparenţi, situaţia este aceeaşi pentru variaţiile rapide (stabilitate dinamică) sau pentru maşini dotate cu regulator rapid de tensiune. Din cauză însă că reactanţa depinde şi de poziţia relativă a rotorului, în cazul variaţiilor lente şi a reglajului de tensiune manual mai intervine un factor nou : reactanţa transversală (X_t), aferentă liniilor de forţă ce străbat spaţiul liber dintre piesele polare. Formula care ne dă puterea debitată este în acest caz :

$$P = \frac{E_a U}{X} \cdot \sin\theta + \frac{U^2}{2}\left(\frac{1}{X_t} - \frac{1}{X}\right)\sin 2\theta = \frac{E_r U}{X_s}\sin\theta'. \qquad (14)$$

Din prima egalitate se vede că aci intervine un termen nou, proporţional cu U^2 ; chiar în absenţa oricărei excitaţii ($E_a = 0$), maşina se poate autoamorsa, debitând putere în anumite condiţii. Acest caz de autoamorsare sincronă — mai există şi cazuri de autoamorsare asincronă — nu intră acum în preocupările noastre.

Pentru calculul stabilităţii statice a sistemelor, acest al doilea termen se neglijează deobiceiu şi se aplică aceleaşi principii ca la maşinile cu poli înecaţi : reactanţa sincronă (sau cea tranzitorie în caz de reglaj rapid al tensiunii) pentru stabilitate statică, reactanţa tranzitorie pentru stabilitatea dinamică. Aceasta este posibil, deoarece termenul al doilea este mult mai puţin important, fiind de fapt numai un termen de corecţie (fig. 8).

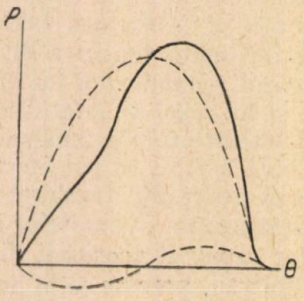


Fig. 8. Curba $P = f(\Theta)$ la un generator sincron cu poli aparenţi.

V. In cele ce urmează, se dă o aplicaţie de verificare a stabilităţii sistemului din fig. 9.

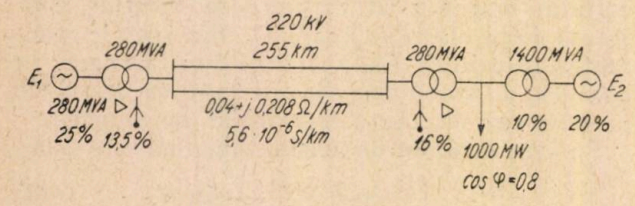


Fig. 9. Schema sistemului.

In primul rând trebue stabilită schema impedanţelor. Se va lucra în unităţi relative la puterea de bază 200 MVA şi la tensiunea de bază 220 kV.

Pentru generatori şi transformatori, reactanţa exprimată în procente trebue împărţită cu puterea respectivă, raportată la puterea de bază

$$X_r = \frac{X}{\frac{P}{P_b}} = X\frac{P_b}{P}.$$

Pentru generatorul 1 :

$$\frac{P}{P_b} = \frac{280}{200} = 1{,}4 \qquad X_{g_1} = \frac{25}{1{,}4} = 17{,}9\% = 0{,}179.$$

Pentru transformatorul respectiv :

$$X_{t_1} = \frac{13{,}5}{1{,}4} = 9{,}6\% = 0{,}096.$$

Pentru generatorul 2 :

$$\frac{P}{P_b} = \frac{1400}{200} = 7 \qquad X_{g_2} = \frac{20}{7} = 2{,}86\% = 0{,}0286.$$

Pentru transformatorul respectiv :

$$X_{t_2} = \frac{10}{7} = 1{,}43\% = 0{,}0143.$$

Pentru transformatorul de 220/110 kV :

$$X_{t_3} = \frac{16}{1{,}4} = 11{,}43\% = 0{,}1143.$$

Impedanţa liniei se înmulţeşte cu puterea de bază şi se împarte la pătratul tensiunii :

$$(0{,}04 + j \cdot 0{,}208) \cdot 255\,\text{km} \cdot \frac{P_b}{U_b^2} = \frac{(0{,}04 + j\,0{,}208)\,255 \cdot 200}{(220)^2}$$

$$Z_l = 0{,}0241 + j \cdot 0{,}219.$$

Conductanţa transversală se neglijează. Admitanţa este deci pur capacitivă. In unităţi relative :

$$Y = 5{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 255$$

$$Z_{tr} = \frac{10^6}{5{,}6 \cdot 255} \cdot \frac{200}{(220)^2} = 2{,}895$$

Se adoptă schema în „pi" ; la fiecare capăt al liniei vom avea o impedanţă transversală negativă, egală cu $-j \cdot 5{,}79$.

In cazul unui calcul mai precis, s'ar fi putut aplica şi factorul de corecţie, pentru a ţine seama de eroarea comisă prin considerarea capacităţii concentrate în loc de uniform repartizate :

$$Z' = \left(1 + \frac{ZY}{6}\right)Z; \qquad Y' = \left(1 - \frac{ZY}{12}\right)Y.$$

In general, aceasta nu este însă necesar.

Consumaţia din punctul *c* se poate asimila cu o impedanţă, dacă se cunoaşte valoarea tensiunii în acel punct. Ori, pentru a efectua calculul, este nevoe de a se cunoaşte regimul de funcţionare respectiv, adică tensiunea într'un punct şi puterea activă şi reactivă debitată de una din maşini. Acestea sunt datele problemei.

În speță, se poate considera cunoscută tensiunea în punctul c : $U_c = 0{,}842$ în unități relative. În acest caz,

$$Z_s = \frac{U^2}{P^*} = \frac{(0{,}842)^2}{5 - j \cdot 3{,}75} = 0{,}0907 + j \cdot 0{,}0680.$$

Se obține schema impedanțelor din fig. 10 :

În aceste calcule, s'au neglijat rezistențele generatorilor și transformatorilor.

Se observă că unghiul obținut este foarte favorabil, însă în calcul a fost introdusă reactanța tranzitorie. Dacă se introducea reactanța sincronă, unghiul θ ar fi fost considerabil mărit, dat fiind

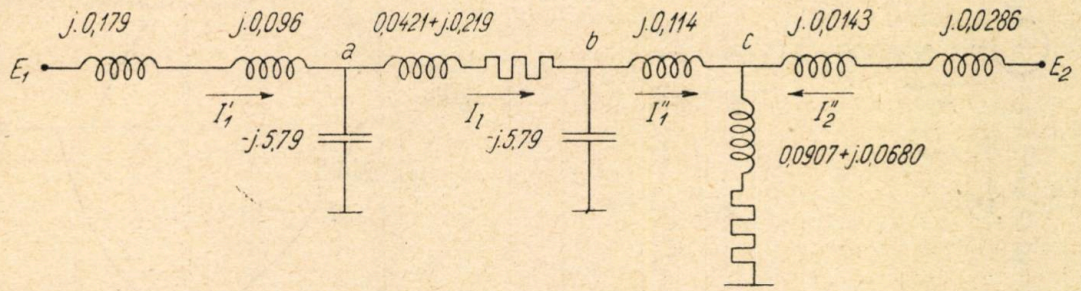


Fig. 10. Schema reactanțelor sistemului.

Pentru a întocmi diagrama tensiunilor (fig. 11), s'a luat ca origină de fază tensiunea în punctul c. Cunoscând puterea activă și reactivă primită dela fiecare din cele două sisteme, se determină $\overline{I_1''}$ și $\overline{I_2''}$. Apoi se obține $\overline{E_2}$

$$\overline{E_2} = \overline{U_c} + \overline{I_2''} \cdot j \cdot 0{,}0429 = 1{,}037 / \underline{11^0}.$$

Se obține deasemenea $\overline{U_b} = \overline{U_c} + \overline{I_1''}\, j \cdot 0{,}114$; se află valoarea curentului capacitiv în b : $\frac{\overline{U_b}}{j \cdot 5{,}79}$ și se adaugă lui $\overline{I_1''}$, pentru a afla pe I_1.

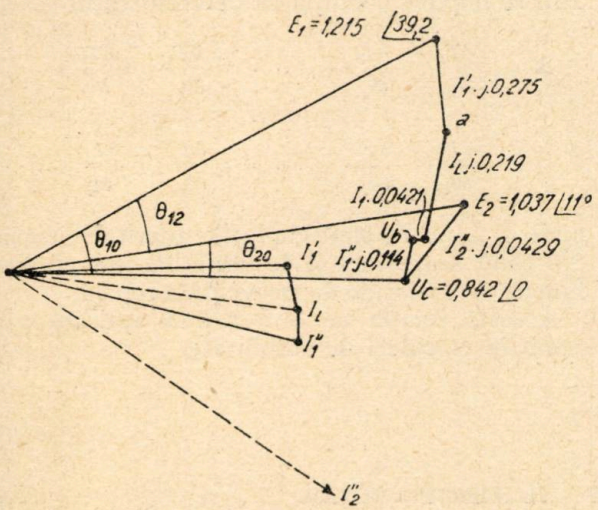


Fig. 11. Diagrama tensiunilor.

Trecând mai departe, se obține :

$$\overline{U_a} = \overline{U_b} + \overline{I_1} \cdot (0{,}0421 + j \cdot 0{,}219).$$

Insfârșit, se adaugă curentul capacitiv din a, se obține $\overline{I_1'}$ și f.e.m. $\overline{E_1}$:

$$\overline{E_1} = \overline{U_a} + \overline{I_1'} \cdot j \cdot 0{,}275 = 1{,}215 / \underline{39{,}2^0}.$$

Unghiul celor două forțe electromotoare este :

$$\theta_{12} = 39{,}2 - 11 = 28{,}2 = 28^0\ 12'.$$

că această reactanță este de 5—6 ori mai mare ca reactanța tranzitorie.

VI. Se poate merge chiar mai departe și stabili funcțiile f $(P_1, \theta) = 0$ și f $(P_2 \theta) = 0$ cu aceleași valori ale lui E_1 și E_2.

Pentru aceasta trebue simplificată schema impedanțelor, prin transformări succesive din stea în triunghiu și viceversa, analog ca pentru calculele de scurtcircuit. Amintim că pentru trecerea dela triunghiu la stea, formula este :

$$Z_1 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

și dela stea la triunghiu

$$Z_a = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_1}.$$

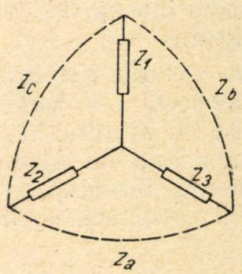


Fig. 12. Inlocuirea reactanțelor conectate în stea prin reactanțe conectate în triunghiu și vice-versa.

Se obține astfel schema din fig. 13, în care :

$$\overline{Z_{11}} = 0{,}137 + j \cdot 0{,}4354 = 0{,}436 \,/\underline{88^0{,}2}$$
$$\overline{Z_{12}} = -0{,}199 + j \cdot 1{,}220 = 1{,}238 \,/\underline{99^0{,}3}$$
$$\overline{Z_{22}} = 0{,}0687 + j \cdot 0{,}1117 = 0{,}1311 / \underline{58^0{,}7}$$

Complementele unghiurilor celor trei impedanțe sunt :

$$\alpha_{11} = 90^0 - 88{,}2^0 = 1{,}8^0$$
$$\alpha_{12} = 90^0 - 99{,}3^0 = -\,9{,}3^0$$
$$\alpha_{22} = 90^0 - 58{,}7^0 = 31{,}3^0.$$

Puterile debitate sunt:

$$P_{11} = \frac{E_1^2}{Z_{11}} \sin \alpha_{11} = \frac{(1{,}215)^2}{0{,}436} \cdot \sin 1{,}8^0 = 0{,}1033$$

$$P_{22} = \frac{E_2^2}{Z_{22}} \sin \alpha_{22} = \frac{(1{,}037)^2}{0{,}1311} \sin 31{,}3^0 = 4{,}265.$$

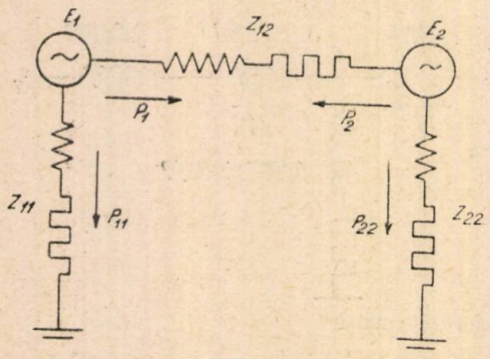


Fig. 13. Schema reactanţelor echivalente ale sistemului (simplificată).

Acestea nu influenţează stabilitatea, nefiind funcţii de θ_{12}

$$P_1 = \frac{E_1 E_2}{Z_{12}} \sin (\theta_{12} - \alpha_{12}) = \frac{1{,}215 \cdot 1{,}037}{1\,238} \sin (\theta_{12} - 9{,}3^0)$$

$$P_1 = 1{,}017 \sin (\theta_{12} + 9{,}3^0)$$

$$P_2 = \frac{E E_2}{Z_{12}} \sin (\theta_{12} + 9{,}3^0) = -1{,}017 \sin (\theta_{12} - 9{,}3^0)$$

Se vede că $P_{max} = 1{,}017 \times 200 = 203{,}4$ MVA

Curbele f $(P_1, 0) = o$ şi $f\ (P_2, 0) = 0$ sunt trasate pe diagrama din fig. 14, împreună cu punctul de funcţionare.

VII. Pentru cazurile sistemelor cu mai multe centrale interconectate, calculele nu mai pot fi efectuate decât cu ajutorul mesei de calcul. Aceasta este un aparat de laborator ce conţine o serie de rezistenţe, reactanţe şi capacităţi etalonate ce pot fi conectate în diferite moduri cu ajutorul unor fişe, putând reproduce sistemul într'o schemă monofazată. Alimentarea se face dela o reţea de curent alternativ printr'un dispozitiv ce permite aplicarea de tensiuni diferite, cu de-

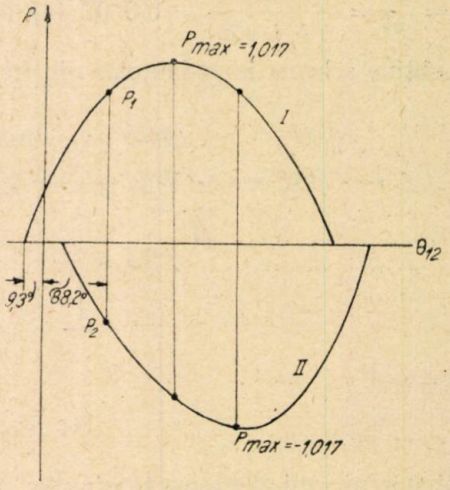


Fig. 14. Curbele puterilor în funcţie de unghiul dintre forţele electromotoare ale generatorului: curba I: $P_1 = f(\theta)$; curba II: $P_2 = f(\theta)$.

calaje diferite, în diversele puncte ale sistemului. Se reproduce astfel în întregime circulaţia de puteri în diferite momente, ceea ce permite studiul complet al fenomenului.

In cazul mai multor centrale, se caută în general a se satisface condiţia $\frac{dP}{d\theta} > 0$ pentru centralele luate două câte două. Profesorul sovietic *Jdanov* a arătat totuşi în 1948, că în aceste cazuri se impune condiţia ca determinantul

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{\delta T_1}{\delta \theta_{12}} & \frac{\delta T_1}{\delta \theta_{13}} & \cdots & \frac{\delta T_1}{\delta \theta_{1n}} & \frac{\delta T_1}{\delta \omega} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\delta T_n}{\delta \theta_{12}} & \frac{\delta T_n}{\delta \theta_{13}} & \cdots & \frac{\delta T_n}{\delta \theta_{1n}} & \frac{\delta T_n}{\delta \omega} \end{vmatrix} > 0$$

unde $T_1, \ldots, T_n$ sunt cuplurile diferitelor maşini. S'a ţinut seama aci şi de variaţiile de cuplu în funcţie de variaţiile de frecvenţă a reţelei.

Această relaţie nu a fost însă aplicată până acum în calculele de stabilitate.

★

СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОСИСТЕМ

Резюме

Излагается вопрос устойчивости работы параллельных объединенных электросистем и о принципе передаваемой максимальной мощности, с указанием в то же время влияния угла между э. д. с. синхронных машин объединенных на статической устойчивости, а также и средства для улучшения условий устойчивости. Затем указывается метод расчета для проверки статистической устойчивости и дается пример расчета. В заключении, приводятся соображения по вопросу случая нескольких объединенных станций.

★

METODE OBIECTIVE PENTRU DETERMINAREA EFICACITĂȚII APARATELOR TELEFONICE

Ing. I. PAPADACHE

Se expun metode electroacustice obiective, aplicabile în fabricația de serie pentru determinarea eficacității aparatelor telefonice. Se obține o considerabilă reducere a timpului de control, o uniformizare a producției și o ridicare a calității.

Pentru determinarea performanțelor aparatelor telefonice, la recepție și transmisie, s'a adoptat, după numeroase experiențe, metoda comparației, întrebuințându-se în acest scop un ansamblu de dispozitive denumit „Sistem fundamental de referință pentru transmisia telefonică", prescurtat S.F.E.R.T. Acest sistem de transmisie fără deformări este compus din aparate telefonice etalon, atenuatori, indicatori de volum, bobine de alimentare, definite în mod riguros. Operațiile de măsurare sunt făcute de echipe de observatori experimentați, care compară audiția primită dela microfonul de încercat cu aceea dela microfonul etalon, introducând pe circuitul unuia din microfoane o atenuare suplimentară, până când obține dela ambele aceeaș tărie de audiție. Operația este analoagă atunci, când se cercetează calitățile receptorului, transmisia făcându-se în acest caz dela microfonul etalon al sistemului de referință și introducându-se în circuitul receptorului etalon o atenuare până când audițiile au aceeași tărie. Prin citirea atenuării astfel introduse sau scoase, se determină echivalentul de referință la transmisia și recepția telefonului de încercat, în comparație cu sistemul fundamental de referință.

Această metodă de comparație, în care observatorii sunt generatori de energie și instrumente de măsurat, este de o aplicație laborioasă. Pentru a obține rezultate care să reprezinte o medie satisfăcătoare sunt necesare numeroase măsurători făcute cu echipe diferite de observatori și deci această metodă nu este potrivită pentru controlul producției de serie în fabrică. După câteva ore observatorii obosesc, rezultatele nu mai sunt concludente și chiar în cazurile unde se aplică o asemenea determinare a performanțelor, se contează mai mult pe uniformitatea fabricației, decât pe acest fel de control.

Progresele făcute în ultimul timp în domeniul electro-acusticei și unele standardizări în determinarea calităților vocii și auzului au permis introducerea în telefonometrie a metodelor de măsură obiective, în care observatorii sunt înlocuiți prin aparate electroacustice. Bineînțeles, că în cele din urmă aplicarea acestor metode obiective se justifică în măsura în care rezultatele care se obțin în acest fel sunt comparabile cu acelea obținute cu S.F.E.R.T. Pe de altă parte în acest domeniu acustic nu poate fi vorba de concordanțe perfecte de oarece chiar rezultatele obținute cu sistemul fundamental diferă dela o echipă la alta de observatori și variații de ± 2 db se consideră ca acceptabile. Pentru nevoile de fabricație vom putea deci accepta asemenea variații și chiar mai mari până la 3 db între măsurătorile obiective și acelea cu S.F.E.R.T.

Această problemă a controlului producției de aparate telefonice s'a pus la noi odată cu creșterea considerabilă a numărului de aparate telefonice fabricate în cadrul Planului Cincinal. A fost necesară examinarea diferitelor metode, după care se poate face acest control, limitele și avantajelor acestor metode precum și posibilitățile de construirea aparatajului respectiv. In cele de mai jos vom expune considerațiile generale asupra acestor metode obiective în telefonometrie, fără a intra în detaliile constructive ale aparatelor respective.

Schema unei instalații pentru măsurarea obiectivă a eficacității la transmisie este indicată în fig. 1. Pentru recepție ne vom referi la fig. 1 b.

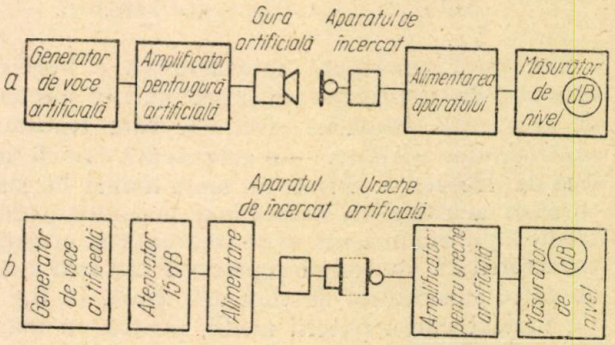


Fig. 1. Măsurarea obiectivă a eficacității la transmisie *a* și la recepție *b*.

Dispozitivele specifice acestor scheme, acelea care înlocuiesc pe observator, adică generatorul de voce artificială, gura și urechea artificială precum și măsurătorul de atenuare, acesta din urmă înlocuind urechea interioară a observatorului.

In construirea generatorului de voce artificială trebue să avem în vedere caracteristicile fundamentale ale vocii și anume puterea medie precum și distribuția acestei puteri în spectrul de frecvență. Puterea medie s'a obținut împărțindu-se energia totală a unui mare număr de convorbiri prin timpul total al convorbirilor. Presupunând că energia se distribue uniform pe o semisferă cu raza de 5 cm, egală cu distanța dela buzele vorbitorului la diafragma de măsurat presiunea, s'a ajuns la concluzia că puterea medie a vorbirii este de aproximativ 10 microwați pe cm^2. Trebue notat că distribuția puterii instantanee și deci a presiunii instantanee, față de valorile medii respective este complet diferită în vorbire și de distribuția din undele sinusoidale (fig. 2). Această

diferență arată că măsurătorile făcute cu o singură undă sinusoidală, care are puterea medie a vorbirii, nu va reproduce satisfăcător situația reală a convorbirii și vor fi insuficiente pentru determinările de performanță.

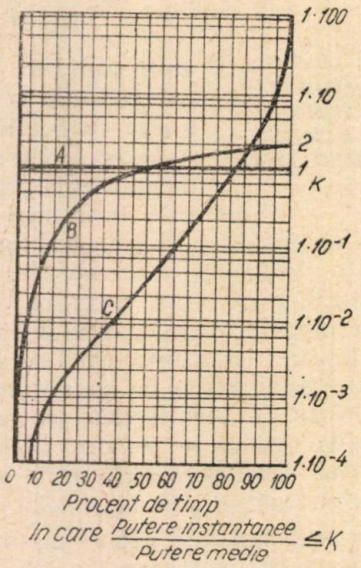


Fig. 2. Distribuția în timp a puterii vorbirii: *A* — puterea medie; *B* — unda sinusoidală de putere medie, *A*; *C* — vorbire — voci bărbătești.

Cea mai importantă caracteristică a vorbirii este însă distribuția puterii și presiunii în spectrul de frecvență, pentrucă sistemele care transmit sau reproduc vorbirea au o accentuată caracteristică de frecvență. Printr'un mare număr de măsurători acustice s'a determinat o caracteristică medie a puterii în spectrul de frecvență și această caracteristică va trebui reprodusă cât mai fidel de către generatorul de voce artificială. In fig. 3 s'a indicat curba puterii medii, pentru un mare

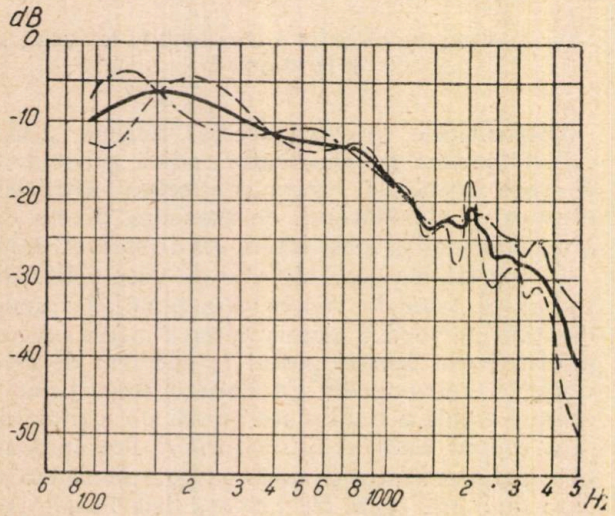


Fig 3. Spectrul de frecvență al vorbirii:
— — voci masculine;
– – – voci feminine;
——— medie.

număr de cuvinte pronunțate de echipe de bărbați și echipe de femei. Pentru fiecare frecvență s'a indicat creșterea de putere relativă la o creștere a frecvenței cu 1 Hz.

Dacă totalul puterii convorbirii la o anumită frecvență îl notăm cu P, atunci aceste curbe ne dau relația

$$\frac{dP}{df} = \Psi\ (f) \qquad (1)$$

Se va lua în considerație pentru Ψ (f) curba medie între vocea masculină și vocea femenină. Pentru telefonometrie este suficient să considerăm intervalul 200—4000 Hz care cuprinde intervalul de 200—3600 Hz recomandat pentru transmisiile telefonice de prescripțiile internaționale.

Un asemenea spectru vocal s'a putut obține printr'un dispozitiv mecanic, dispozitiv indicat în fig. 4. Dacă bilele au un diametru de 2 mim și deschiderea prin care cad are un diametru de 8,5 mm, ele vor lovi diafragma cu aproximativ 400 bile pe secundă și vom obține un spectru vocal care dă o concordanță destul de bună cu vocea umană. Măsurătorile respective diferă numai cu valori sub ± 3 db.

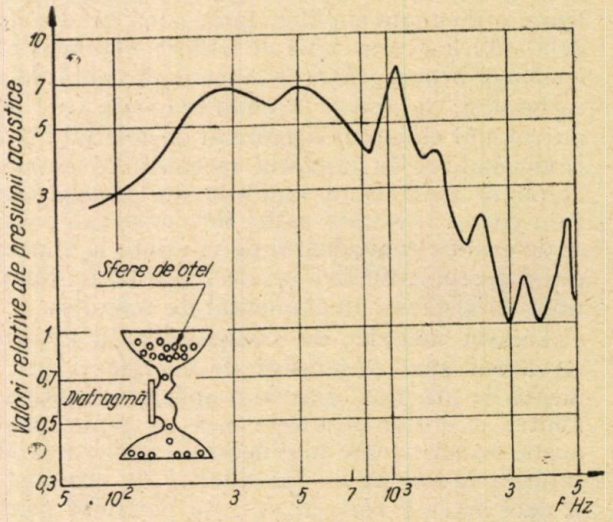


Fig. 4. Spectru de voce artificială, Recipient cu bile de 2 mm diametru.

Această reproducere mecanică a vocii are însă unele inconveniente în măsurătorile de serie și soluția a trebuit să fie căutată în dispozitive electrice. Pentru construirea unor asemenea dispozitive se pleacă dela presupunerea că influența fiecărei frecvențe este proporțională cu puterea relativă definită mai sus și deci vocea artificială va trebui să cuprindă toată frecvențele între 200—4000 Hz cu aceeași distribuție a energiei ca și distribuția dată de curba Ψ (f). Pe de altă parte în vocea umană, această energie există simultan pentru diferitele frecvențe. Pentru scopul urmărit dacă se construiesc aparate de măsură cu constantă de timp suficient de mare, diferitele frecvențe ale spectrului vocal artificial vor putea fi emise succesiv, astfel încât întregul interval de frecvențe să fie parcurs de mai multe ori pe secundă. In spectrul de frecvență astfel variabil, trebue să obținem ca energia cuprinsă într'o bandă infinitesimală df să corespundă cu

energia corespunzătoare din voce. Dacă vom întrebuinţa emisiuni cu amplitudine constantă, puterea relativă datorită unei benzi elementare va fi proporţională cu timpul în care frecvenţa rămâne în intervalul $f + df$. Deci, puterea relativă va fi invers proporţională cu $\frac{df}{dt}$ şi deci,

$$\frac{dP}{dt} = \Psi\,(f) = \frac{1}{k}\,\frac{dt}{df}$$

$$t = k \int \Psi\,(f)\,df. \qquad (2)$$

Această ecuaţie ne dă relaţia între timp şi frecvenţă, pe care trebue să o realizăm în vocea artificială. Vom integra grafic relaţia (1) trasând curba din fig. 3 la o scară liniară (fig. 5).

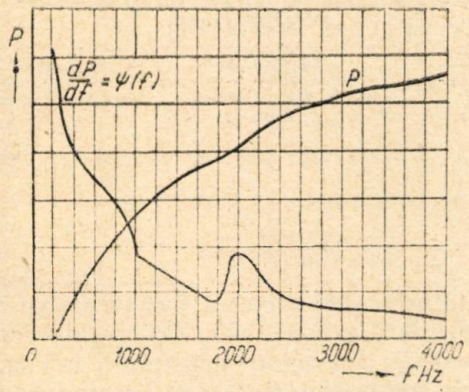


Fig. 5. Integrarea grafică a spectrului de frecvenţă vocal.

Din ecuaţia (2) se vede, că curba P în funcţie de f, va reprezenta la o altă scară şi relaţia între timp şi frecvenţă. Această relaţie este aproximativ logaritmică şi pentru intervalul 200—4000 Hz, va fi reprezentată cu suficientă exactitate de curba logaritmică

$$t = k \log \frac{f}{200} \qquad (3)$$

Un generator de tensiune constantă a cărei frecvenţă variază după această curbă, repetând spectrul de 5 ori pe secundă, va putea înlocui vocea în telefonometrie.

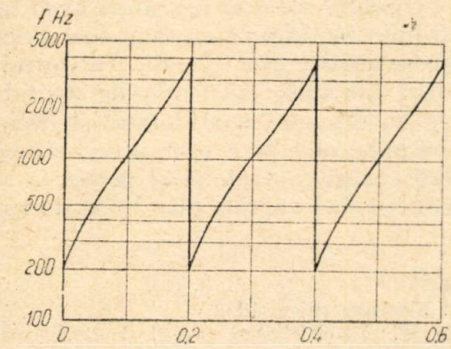


Fig. 6. Relaţia între frecvenţă şi timp în vocea artificială.

Acest substitut pentru voce a fost conceput şi construit, întrebuinţându-se dispozitive electronice.

Pentru a reproduce vorbirea trebue să transformăm curenţii electrici, având caracteristicile stabilite mai sus, în energie acustică. In acest scop avem nevoie de o gură artificială care va trebui să satisfacă unele condiţii speciale şi

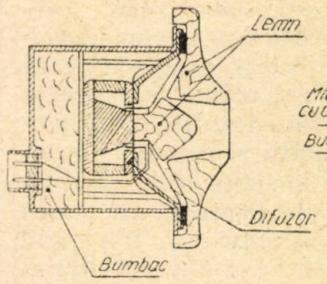


Fig. 7-a. Gură artificială.

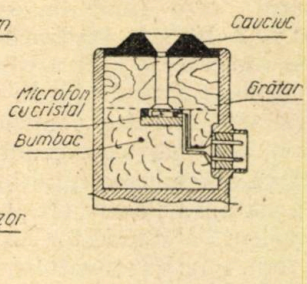


Fig. 7-b. Ureche artificială.

anume : să producă un volum superior cu 16 decibeli volumului normal pentru măsurări telefonice (a se vedea mai jos), să aibă o caracteristică liniară de frecvenţă în spectrul 200—4000 Hz, pentru a păstra caracteristicile vocei artificiale şi să asigure o distribuţie a câmpului acustic pe cât posibil similară cu aceea din jurul gurii umane. In fig. 7 s'a indicat construcţia unei asemenea guri artificiale şi în fig. 8 caracteristica de frecvenţă înainte şi după introducerea unei reţele egalizatoare.

Voltajul produs de transmiţătorul aparatului de încercat este introdus într'un măsurător de nivel care este format dintr'un voltmetru calibrat în unităţi de atenuare, adică în db sau neperi. Principiile generale ale acestui gen de aparate pentru măsurătorile obiective ale tăriei sunetelor s'au expus de către prof. M. Marinescu în această revistă (2) şi vom face aci numai completări care sunt specifice întrebuinţării acestui gen de aparate în telefonometrie.

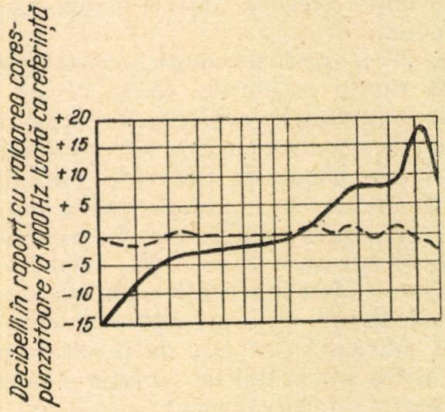


Fig. 8. Curbă caracteristică a gurii artificiale fără corector; Curbă caracteristică a gurii artificiale cu corector.

Curba de răspuns a unui asemenea aparat se va stabili ţinând seama de caracteristicile sistemului de referinţă şi de volumul normal prescris pentru măsurătorile cu acest sistem de referinţă. Acest volum normal este cu 16 db mai jos, faţă de volumul de referinţă, acesta din urmă definit drept corespunzător desvoltării unei puteri de 60 mW, printr'o rezistenţă de 600 ohmi; volumul normal va corespunde deci la 285 mW. Valoarea caracteristică determinând reglajul normal la emisiune pentru S.F.E.R.T. este de 17 μ b/V la 1000 Hz şi deci la 285 mW va fi de 4,85 μ b.

Nivelul sunetului va fi 20 log $\frac{4,85}{2,10^{-4}} = 77$ db, punctul zero fiind corespunzător unei presiuni de $2 \cdot 10^{-4}$ μ b. Pentrucă în sistemul fundamental se înserează o linie artificială, care se reglează la o valoare fixă de 15 db şi reduce intensitatea în sistemul receptor pentruca urechea să fie plasată în cele mai bune condiţii pentru audiţie, rezultă că nivelul sunetului în sistemul de referinţă va fi de aproximativ 60 db. Pentrucă atenuarea echivalentă a aparatelor de încercat va fi în jurul lui zero, nivelul sunetului în aceste măsurători va fi de 60 db.

Curba de audibilitate pentru sunete de tăria 60 db este indicată în fig. 9, în care s'a indicat

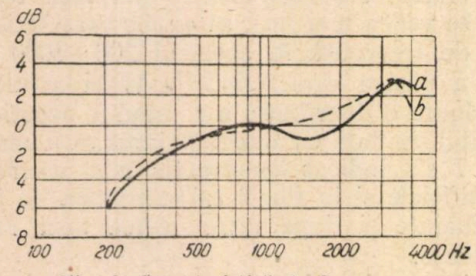


Fig. 9. Caracteristică de frecvenţă:
a — ureche umană pentru nivel 60 db; *b* — aparatul de măsurat atenuarea pentru nivel 60 db.

deasemenea şi caracteristica măsurătorilor de nivel.

Pentru încercările microfoanelor (încercări la emisie) se va întrebuinţa schema de principiu din fig. 1 b. In afară de dispozitivele examinate, această schemă cuprinde o ureche artificială, formată dintr'un microfon introdus într'un ansamblu, care imită urechea umană în dimensiuni şi caracteristici.

In fig. 7 se arată schematic construcţia unei asemenea urechi artificiale. Ca şi pentru vocea artificială, rezultatele obţinute cu acest aparat trebue să corespundă cu acelea ale urechii umane. In ce priveşte banda de frecvenţă primită, este necesar ca aceasta să cuprindă partea principală a bandei utilizate în conversaţie; în general aceste urechi artificiale au o bandă 100—6000 Hz. Aparatul trebue să ofere la recepţie o impedanţă acustică asemănătoare cu a urechei umane şi o sensibilitate suficientă pentru a da rezultate satisfăcătoare în tot intervalul de variaţie a volumului întrebuinţat în telefonometrie.

Principala verificare pentru urechea artificială o constitue concordanţa rezultatelor cu acelea obţinute prin S.F.E.R.T. In fig. 7 s'a indicat schematic un asemenea aparat, întrebuinţând un microfon cu cristal, care are o caracteristică de frecvenţă aproape liniară între 200—4000 Hz.

Deşi este de dorit ca gura şi urechea artificială să producă câmpuri acustice reproducând pe cele umane, din punct de vedere al încercărilor în fabricaţie trebue să avem un aparat uşor de manipulat, simplu şi constant, ori aceste calităţi se obţin renunţându-se la o reproducere prea fidelă a acestui câmp acustic.

Aplicându-se consideraţiile generale descrise mai sus, s'au construit diferite aparate necesare în aplicarea metodelor obiective pentru stabilirea calităţilor aparatelor telefonice şi care, comparate cu rezultatele obţinute prin S.F.E.R.T., au dat valori foarte apropiate. In tabela de mai jos s'a indicat un tabel comparativ între aceste metode obţinute cu asemenea aparate.

Tabelă comparativă între măsurări subiective şi obiective în db

Aparat	Transmisie		Recepţie	
	Subiectiv	Obiectiv	Subiectiv	Obiectiv
A	11,5	13,9	2,4	2,95
B	18,7	17,5	5,1	5,5
C	17,0	14,3	4,2	5,5

Măsurătorile subiective au fost făcute cu sistemul S.F.E.R.T. prin metoda a doi operatori cu atenuare secretă. La aceste măsurători a lucrat o echipă de trei operatori, făcând fiecare un număr de 12 observaţii dela fiecare extremitate a sistemului de referinţă. Se vede că diferenţele sunt mai mici ± 2,7 db şi deci aplicarea metodelor obiective dau rezultate satisfăcătoare.

Concluzii. Pentru a se măsura eficacitatea la transmisie şi recepţie a aparatelor telefonice fabricate în serie, metoda „Sistemului fundamental de referinţă" nu dă rezultate satisfăcătoare. Desvoltarea aparatelor electroacustice din ultimul timp a permis introducerea în acest domeniu a metodelor de măsură obiective cu rezultate suficient de exacte şi cu o considerabilă economie de timp. Pentru măsurarea calităţilor unui aparat prin aplicarea corectă a metodei „Sistemului de referinţă" o echipă de trei operatori avea nevoie de 20—25 min, în timp ce cu metodele obiective acest timp se reduce la 2—3 min. In cadrul Planului nostru Cincinal, fabricaţia de aparate telefonice se va desvolta considerabil şi deci aplicarea metodelor obiective este necesară, pentru a se reduce costul controlului şi pentru a se obţine o producţie de o calitate mai bună şi mai uniformă.

Bibliografie:
Furduev: Electroacustica, 1948.
Marinescu M.: Electricitatea, 10—11 (1951).

☆

ОБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ

Резюме

Излагаются объективные электроакустические методы, применимые в серийном производстве для определения эффективности телефонных аппаратов. Получается значительное сокращение контрольного времени, однородность продукции и улучшение качества.

★

TEORIA MAGNETIZĂRII SUPLIMENTARE ALTERNATIVE A MIEZURILOR FEROMAGNETICE

Ing. T. LUCESCU

Stabilirea prin calcul a valorii absolute a permeabilității efective, corespunzătoare valorii magnetizării compuse, obținută prin suprapunerea unei magnetizări suplimentare peste aceea a magnetizării înfășurării primare a unui transformator de curent, ținând seama de defazarea dintre aceste două magnetizări și proprietățile magnetice ale fierului. Calculul arată că permeabilitatea efectivă este egală cu permeabilitatea diferențială corespunzătoare inducției suplimentare, atunci când cele două magnetizări, sunt defazate cu 90° și la valori intermediare ale unghiului de defazare

Permeabilitatea miezurilor feromagnetice poate fi sporită în mod efectiv pe baza principiului magnetizării suplimentare obținută prin curent alternativ.

Această metodă se aplică la transformatorii de curent, ceeace permite pentru aceeaș intensitate de curent de maignetizare, să se reducă secțiunea fierului sau numărul de spire respectiv. La acelaș număr de spire și aceeași secțiune de fier, creșterea permeabilității efective înseamnă o diminuare proporțională a intensității de curent de magnetizare și în consecință o reducere a erorii de raport și defazare a transformatorului de curent, deoarece aceste erori sunt cauzate de curentul de magnetizare.

Asupra teoriei magnetizării suplimentare s'au făcut puține publicații și în lucrarea de față vom încerca să facem o expunere mai completă a problemei. Mai întâi vom arăta cum pot fi exprimate relațiile care există între diferitele mărimi luate în considerație, plecând dela caracteristicile magnetice cunoscute ale fierului magnetic.

In fig. 1, se arată montajul principial folosit. Circuitul magnetic K este împărțit în două părți asemănătoare din punct de vedere magnetic. In-

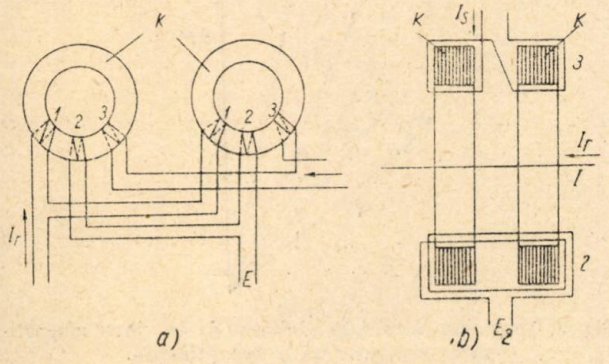


Fig. 1. Schema principală de montaj:
K — circuite magnetice; *1*, *2*, *3* — înfășurări (primară, secundară, auxiliară).

fășurarea auxiliară 3 este repartizată în așa mod încât să producă în cele două părți ale magnetizării suplimentare aceleași intensități, însă de sens contrariu, astfel încât să nu se inducă nici o forță electromotoare în celelalte înfășurări. Înfășurarea care poartă numărul *1* corespunde cu înfășurarea primară a transformatorului de curent. In partea *a* din fig. 1 ea se compune din două părți, cuprinzând același număr de spire pe fiecare din miezurile parțiale; în partea *b* a figurii, înfășurarea cu numărul *1* se compune, ca la un transformator de curent de bară, dintr'un conductor care traversează cele două circuite magnetice, în timp ce numărul 2 reprezintă înfășurarea în care o forță electromotoare este indusă cu ajutorul curentului din circuitul *1*. Ea corespunde cu înfășurarea secundară a unui transformator de curent. In fig. 1-*a*), această înfășurare se compune de asemenea din două părți repartizate pe cele două circuite magnetice și în fig. 1, *b*) ea îmbrățișează cele două circuite.

Atunci când se suprapune magnetizarea suplimentară peste magnetizarea rezultând dela curentul care circulă în înfășurarea 1, putem studia trei alternative:

a) când magnetizările sunt în concordanță de fază;

b) când ele sunt defazate cu 90°;

c) când sunt defazate cu un unghiu oarecare.

In privința intensității de magnetizare, nu vom considera decât cazul când magnetizarea suplimentară este mare în raport cu aceea primară, de oarece numai în acest caz poate fi sporită în mod apreciabil magnetizarea efectivă. In valoare absolută, magnetizarea primară nu poate să fie atunci decât relativ slabă.

Este întotdeauna cazul pentru transformatorii de curent.

a) *Cazul permeabilității efective cu magnetizare suplimentară în fază cu cea primară.* Dacă în înfășurare *1*, curentul I_1 este în fază cu curentul de magnetizare suplimentară I_s din înfășurarea *3*, amperspirele corespunzând la acești doi curenți acționează în același sens în unul din miezuri și în sens contrar în celălalt miez, dat fiind că sensul lor de înfășurare este contrar. Notând cu H_s intensitatea câmpului datorită curentului I_s și cu H_1 aceea datorită curentului I_1, intensitatea de câmp rezultant va avea valoarea $H_r = H_s + H_1$ în primul miez și $H_r' = H_s - H_1$ în cel de al doilea miez.

Având în vedere că între H_s și H_1 este concordanță de fază, intensitățile de câmp rezultante H_r și H_r' sunt deasemenea în fază între ele și cu H_s. La aceste două valori ale câmpului H_r și H_r' corespund, după curba de magnetizare arătată în fig. 2, cele două valori maxime ale inducțiilor: B_r și B_r'.

Notăm mai departe cu E_r și E_r', forțele electromotoare induse în înfășurarea *2* de către fluxul fiecărui miez și a cărui diferență este tensiunea secundară a ansamblului montajului.

B_r şi B_r' nu sunt, în principiu, în fază, deoarece defazarea între câmp şi inducţie, care este datorită pierderilor în fier, nu este în mod necesar aceeaşi pentru cele două valori a câmpului H_r

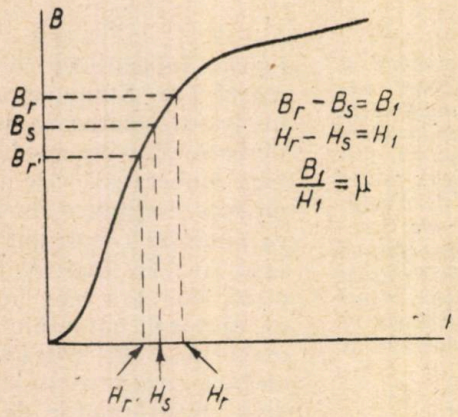


Fig. 2. Curba de inducţie magnetică : H_1 — intensitatea câmpului înfăşurării primare; B_1 — inducţia datorită câmpului H_1; H_1 — intensitatea câmpului înfăşurării auxiliare; B_1 — inducţia datorită câmpului H_1; H_r şi B'_r — intensitatea şi câmp în miezul I; H_r şi B_r idem, în miezul II.

şi H_r'. Dacă totuşi H_1 este mic faţă de H_s, diferenţele între H_s, H_r şi H_r' vor fi foarte mici. In acest caz se poate admite că defazările între câmp şi inducţie, care corespund la acestea trei din urmă valori, sunt egale şi că inducţiile B_s, B_r şi B_r' sunt în concordanţă de fază.

Din concordanţa de fază a lui I_1 şi I_s decurge în mod evident aceea a tensiunii secundare E_2 şi a tensiunii induse E_s în înfăşurarea auxiliară.

In acest caz avem :

$$B_r - B_s = B_s - B_r$$

şi $$B_r - B_r' = 2\,(B_r - B_s) = 2\,B_1,$$

atunci când B_1 reprezintă inducţia care este produsă de câmpul produs de curentul I_1.

Tensiunea secundară E_2 va fi în acest caz :

$$E_2 = E_r - E_r' = 4{,}44 \cdot f \cdot z_2 \cdot S' (B_r - B_r') \; 10^{-8} \quad (1)$$

în care : z_2 — numărul de spire secundare care înfăşură fiecare miez ;
S' — secţiunea fierului unui miez.

Dacă notăm cu F secţiunea totală a fierului în cele două miezuri, formula (1) devine :

$$E_2 = 4{,}44 \cdot f \cdot z_2 \cdot S \cdot B_r \cdot 10^{-8}, \quad (2)$$

Cele două ecuaţii (1) şi (2) sunt valabile oricare ar fi faza de magnetizare suplimentară, fiind bine stabilit că în ecuaţia (1) $(B_r - B_r')$ reprezintă o diferenţă vectorială.

După cum reiese din diagrama din fig. 2, putem nota :

$$\frac{B_1}{H_1} = \mu d,$$

unde μd este egal cu valoarea $\frac{dB}{dH}$ definită prin denumirea de permeabilitate diferenţială.

In caz de concordanţă de fază între magnetizările datorite înfăşurărilor auxiliare şi primare, permeabilitatea efectivă este astfel egală cu permeabilitatea diferenţială, corespunzând la intensitatea câmpului magnetic suplimentar.

b) *Cazul permeabilităţii efective cu magnetizare suplimentară şi primară defazate cu un unghi de 90°.* In cazul când intensitatea de câmp H_1 este mică şi defazată cu 90° în raport cu H_s, fie că se adaugă sau se scade la H_s, acest lucru nu schimbă nimic în magnetizarea celor două miezuri. In valoarea absolută vom avea în acest caz :

$$H_r = H_r' \text{ şi } B_r = B_r' = B_s.$$

Tensiunea secundară provine în acest caz numai din faptul că B_r şi B_r' şi în consecinţă şi E_r şi E_r' sunt defazate una faţă de cealaltă în diagrama vectorială, aşa cum se arată în fig. 3.

Datorită valorii foarte reduse a lui H_1 în raport cu H_s, unghiurile de defazare dintre B_s şi H_s, între B_r şi H_r şi între B_r' şi H_r' sunt în acest caz deasemenea în mod practic egale între ele. Triunghiurile în diagrama vectorilor B sunt din punct de vedere geometric asemenea cu acelea din diagrama vectorilor H ; prin urmare permeabilitatea efectivă totală va fi în acest caz :

$$\mu_t = \frac{B_1}{H_1} = \frac{B_s}{H_s}.$$

In cazul deci când magnetizarea suplimentară şi cea primară sunt defazate între ele cu un unghi de 90°, permeabilitatea efectivă este egală cu permeabilitatea totală corespunzătoare magnetizării suplimentare. Ca urmare la asemănarea

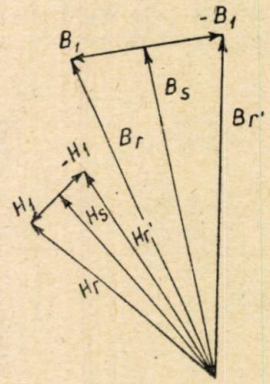


Fig. 3. Diagrama vectorială (defazare de 90° între magnetizarea suplimentară şi cea primară).

triunghiurilor din diagrama vectorială, defazarea de 90° este valabilă atât pentru tensiuni cât şi pentru intensităţi.

c) *Cazul permeabilităţii efective cu magnetizare suplimentară şi primară defazate cu un unghi oarecare.* In acest caz unghiul Ψ dintre B_s şi B_1, după cum vom vedea în cele ce urmează, nu este egal cu unghiul Ψ_1 dintre H_s şi H_1 şi relaţiile care leagă valoarea μ_s cu permeabilitatea efectivă la Ψ şi Ψ_1 sunt diferite.

In fig. 4 au fost reprezentate diagramele vectoriale ale mărimilor H şi B pentru unul din circuitele magnetice şi pentru un unghi de defa-

zare oarecare; vectorii celuilalt circuit nu sunt reprezentaţi în figură. Dată fiind valoarea foarte mică a lui H_1 şi B_1 faţă de H_s şi B_s, vom admite şi aici că unghiul de defazare β între B_r şi H_r este egal cu acela dintre B_s şi H_s.

Vom determina mai întâi valoarea lui $\mu_1 = \frac{B_1}{H_1}$ în funcţie de Ψ având în vedere faptul că unghiul α este foarte mic, vom avea:

$$B_1 = \sqrt{(B_r - B_s)^2 + B_s^2 \alpha^2}$$

$$\alpha = \frac{H_1 \sin \Psi}{H_s} \text{ şi } H_r - H_s = H_1 \cdot \cos \Psi$$

Prin urmare:

$$B_r - B_s = \mu_d (H_r - H_s) = \mu_d \cdot H_1 \cdot \cos \Psi$$

$$B_s \cdot \alpha = \mu_t \cdot H_s \frac{H_1 \sin \Psi}{H_s} = \mu_t \cdot H_1 \cdot \sin \Psi$$

$$B_1 = \sqrt{\mu_d^2 H_1^2 \cdot \cos^2 \Psi + \mu_t^2 H_1^2 \sin^2 \Psi}$$

$$\frac{B_1}{H_1} = \mu_1 = \sqrt{\mu_d^2 \cdot \cos^2 \Psi + \mu_t^2 \cdot \sin^2 \Psi} \qquad (3)$$

Relaţia cu Ψ_1 se stabileşte astfel:

$$H_1 = \sqrt{(H_r - H_s)^2 + H_s^2 \cdot \alpha^2}$$

$$\alpha = \frac{B_1 \sin \Psi_1}{B_s}; \quad B_r - B_s = B_1 \cdot \cos \Psi_1$$

$$H_r - H_s = \frac{B_r - B_s}{\mu_d} = \frac{B_1 \cos \Psi_1}{\mu_d}$$

$$H_s \cdot \alpha = \frac{B_s}{\mu_t} \cdot \frac{B_1 \sin \Psi_1}{B_s} = \frac{B_1 \sin \Psi_1}{\mu_t}$$

$$H_1 = \sqrt{B_1^2 \frac{\cos^2 \Psi_1}{\mu_{d^2}} + B_1^2 \frac{\sin^2 \Psi_1}{\mu_{d^2}}}$$

$$\frac{B_1}{H_1} = \mu_1 = \sqrt{\frac{1}{\frac{\cos^2 \Psi_1}{\mu_{d^2}} + \frac{\sin^2 \Psi_1}{\mu_{t^2}}}} \qquad (4)$$

In cazurile particulare, când Ψ_1 şi Ψ sunt egale cu 0° şi 90°, ecuaţiile (3) şi (4) dau cele două valori respective

$M_1 = \mu_d$ şi $\mu_1 = \mu_t$ obţinute mai sus.

Unghiul format de B_1 şi H_1. In afară de permeabilitatea μ_1 care constitue una din relaţiile dintre B_1 şi H_1, există încă o relaţie interesantă între aceste două mărimi, şi anume unghiul β_1 dintre ele; β_1 este unghiul de defazare aparent a inducţiei înfăşurării *1* şi dacă circuitul *2* este deschis, determină puterea preluată dela sursa de curent care alimentează circuitul primar. Triunghiurile care se formează din H_s şi B_s şi prelungirile elementelor H_1 şi B_1 până la punctele lor de intersecţie reprezentate în diagrama vectorială din fig. 4, dau

$$\beta + \Psi = \beta_1 + \Psi_1 \quad \text{şi} \quad \beta_1 = \beta + \Psi - \Psi_1 \qquad (5)$$

Pe de altă parte, eliminând μ_1 din ecuaţiile (3) şi (4) vom obţine relaţiile următoare între Ψ, Ψ_1, μ_d şi μ_t:

$$\sin \Psi = \frac{\sin \Psi_1}{\sqrt{\left(\frac{\mu_t}{\mu_d}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{\mu_t}{\mu_d}\right)^2\right] \sin^2 \Psi_1}} \qquad (6)$$

$$\sin \Psi_1 = \frac{\sin \Psi}{\sqrt{\left(\frac{\mu_d}{\mu_t}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{\mu_d}{\mu_t}\right)^2 \sin^2 \Psi\right]}} \qquad (7)$$

Prin urmare se pot deduce valorile Ψ şi Ψ_1, atunci când cunoaştem valoarea absolută a magneti-

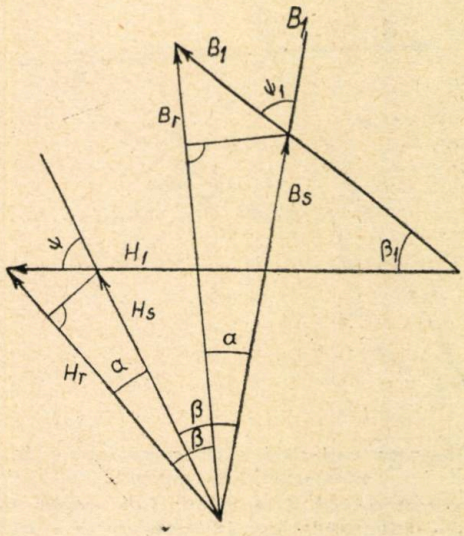


Fig. 4. Diagrama vectorială (defazare oarecare a magnetizării suplimentare):
Ψ şi Ψ_1 — defazajul magnetizării suplimentare; β — unghi de defazaj între câmpul suplimentar şi inducţia corespunzătoare; β_1 — idem, aparent între câmpul şi inducţia produsă în înfăşurarea primară.

zării suplimentare şi faza respectivă; valorile μ_t şi μ_d precum şi unghiul corespunzător de defazare β se deduc după calitatea fierului întrebuinţat şi anume după cum sunt date: defazarea intensităţii ori tensiunea respectivă.

Ecuaţiile (3) şi (4) ne fac posibilă cunoaşterea lui μ_1; din ecuaţiile (6) şi (7) deducem mărimea unghiurilor Ψ şi Ψ_1 care deasemenea sunt necunoscute, iar ecuaţia (5) ne ajută să calculăm valoarea lui β_1 cu ajutorul valorilor β, Ψ şi Ψ_1.

In concluzie pentru o valoare cunoscută a lui B_1 se va putea determina valoarea lui H_1 ca mărime şi fază, sau invers, se va putea cunoaşte valoarea lui B_1, dacă este cunoscută iniţial valoarea lui H_1.

Diagrama vectorială a transformatorului de curent cu magnetizare compusă. In baza celor arătate mai sus, vom putea construi diagrama vectorială pentru acest caz, reprezentată în fig. 5, plecând dela intensitatea de curent secundar I_2 şi cu ajutorul rezistenţei şi reactanţei înfăşurării secundare, precum şi dela impedanţa circuitului alimentat de această înfăşurare, vom putea de-

termina valoarea tensiunii la borne V_2, căderile de tensiune e_1 şi e_2, datorite rezistenţei şi reactanţei şi în concluzie forţa electromotoare indusă E_2. Vectorul B_1 este perpendicular pe forţa electromotrice indusă E_2; valoarea lui se poate calcula cu ajutorul ecuaţiei (2).

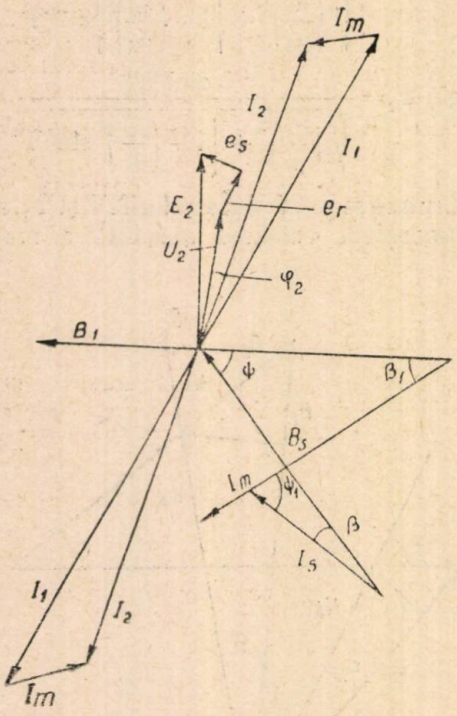


Fig. 5. Diagrama vectorială a transformatorului de curent cu magnetizare compusă:

I_1, I_2 — curent primar şi secundar; I_m — curent magnetizant; U_2 — tensiunea la bornele secundare; e_r — cădere de tensiune (rezistenţa înfăşurarea secundară); e_s — Idem (reactanţa înfăşurarea secundară); E_2 — forţa electromotoare indusă înfăşurarea secundară; I_s — curent de magnetizare suplimentară.

Vectorul B_s formează unghiul Ψ_1 cu vectorul B_1 şi cunoscând unghiul de defazare β şi permeabilitatea totală μ_t vom deduce valoarea lui H_s sau I_s cu ajutorul B_s. Din ecuaţiile (4) şi (6) se deduc valorile lui μ_1 şi Ψ, care fac posibilă calcularea lui H_1 sau a curentului magnetizant I_m corespunzător, care circulă în înfăşurarea 1. Plecând dela I_2 şi I_m obţinem, după reducerea aceluiaşi număr de spire I_1 şi defazarea δ.

Rezultate practice. Teoria magnetizării suplimentare alternative a fost verificată experimental printr'o serie de măsurători electrice. Dat fiind faptul că inducţiile şi tensiunile au o formă aproape sinusoidală şi că deformaţia datorită formei curbei de magnetizare se găsea în intensitatea câmpurilor magnetice şi a curenţilor magnetizanţi şi pornind dela curba de magnetizare, s'au determinat curbele de permeabilitate totală şi diferenţială μ_t şi μ_d în funcţie de inducţie.

Permeabilitatea efectivă μ_1 a fost măsurată pentru câteva valori ale unghiului de defazare Ψ_1 în funcţie de inducţia suplimentară şi pe de altă parte, calculată după ecuaţiile (4) pentru aceleaşi valori ale unghiului Ψ. In diagrama din fig. 6 au fost trecute rezultatele care arată o concordanţă bună între rezultatele de calcul şi acelea de măsurătoare.

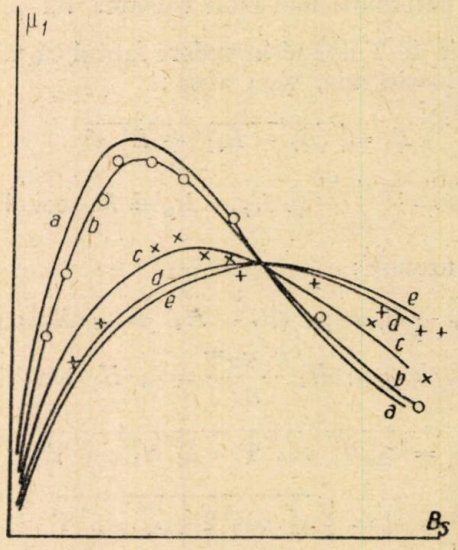


Fig. 6. Permeabilitatea în funcţie de inducţia suplimentară la diferitele defazaje între inducţiile suplimentare şi cele primare:

a — curba teoretică la 0°; b — curba teoretică la 15°; c — curba teoretică la 50°; d — curba teoretică la 80°; e — curba teoretică la 90°; d — măsurătoare la 15°; x — măsurătoare la 50°; + curba măsurătoare la 80°.

Cu această ocazie a fost verificată teoria şi în ceea ce priveşte unghiul de defazare aparentă β_1; măsurătorile efectuate au permis construirea curbelor din diagrama 7, reprezentând variaţia lui β_1 în funcţie de Ψ_1 pentru diferitele valori ale inducţiei suplimentare B_s (curba cu linie plină);

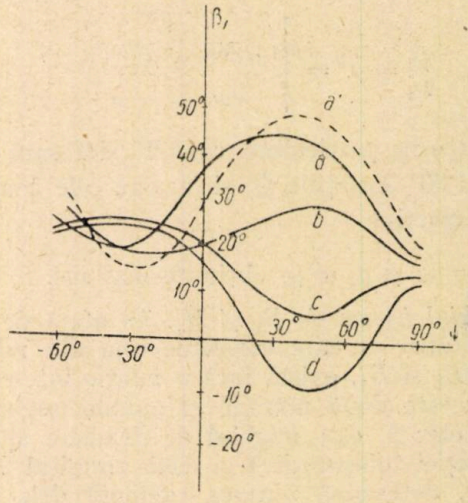


Fig. 7. Defazaj între inducţia din înfăşurarea primară în funcţie de defazajul dintre inducţiile suplimentare şi primare la diferitele valori ale inducţiei suplimentare:

a' — curba valorile calculate pentru $B_s = 2000$ gauşi; a — curba valorile măsurate pentru $B_s = 2000$ gauşi; b — curba valorile măsurate pentru $B_s = 4000$ gauşi; c — curba valorile măsurate pentru $B_s = 6000$ gauşi; d — curba valorile măsurate pentru $B_s = 8000$ gauşi.

forma generală a curbei dedusă din rezultatele măsurătorilor corespunde bine cu aceea dedusă din rezultatele de calcul. Totuși, se pare că teoria expusă mai sus nu ar fi atât de exactă pentru β_1 decât în ceeace privește μ_1, inexactitate care provine probabil, cel puțin în parte, din faptul că s'a admis că unghiul de defazare dintre B și H nu se schimbă atunci când magnetizarea primară se adaugă peste magnetizarea suplimentară și că astfel unghiurile formate de H_r și B_r, de H_r' și B_r' și de H_s și B_s sunt egale între ele. In afară de aceasta diagramele vectoriale presupun că toate valorile considerate sunt sinusoidale; de fapt însă intensitățile de câmp au suportat influența formei curbei de magnetizare.

Diagrama din fig. 7 mai arată însă că β_1 este în avans față de H_1 și că el produce un schimb de energie a sursei de curent de alimentare suplimentară către sursa de curent care alimentează înfășurarea 1, ceeace înseamnă că β_1 poate să fie negativ. Acest lucru însă nu se poate produce, după teorie, decât pentru valori mari ale lui B_s și pentru un Ψ pozitiv. Ori dacă B_s este mare, μ_t este mai mare ca μ_d și Ψ_1 este atunci, după ecuația (6) mai mic ca Ψ. De fapt pentru valorile mari ale lui B_s se știe că β este mic; după ecuația (5) în acest caz β_1 poate deveni negativ, așa cum a rezultat de fapt din măsurătorile ce s'au efectuat.

In teorie, μ_1 nu depinde de valoarea lui B_1, contrar cazului când nu există magnetizare suplimentară și unde permeabilitatea variază foarte mult cu inducția. Teoretic, independența între μ_1 și B_1 a fost deasemenea verificată prin măsurători; s'a dovedit că, după mărimea fazei de magnetizare suplimentară, μ_1 este de fapt în mod practic constantă, cel puțin până ce B_1 atinge valoarea lui $B_s/2$. Dealtfel practicienii în curenți de înaltă frecvență cunosc bine constanța inductanței înfășurărilor cu miez de fier obținută cu ajutorul magnetizării suplimentare.

Bibliografie:

Bulgarov: Calculul transformatorilor, Moscova, 1950.
Govoerov: Câmpurile electrice și magnetice. Moscova, 1950.
Alekseev: Construcția mașinilor electrice. Moscova, 1949
Kalantarov: Bazele teoretice ale electricității. Moscova. 1950.
Lorie: Măsuri electrice în rețele de curenți tari, 1950.
Petrov: Mașini electrice, 1950.
Sniter: Transformator. Moscova, 1950.
Hartman: Miezuri feromagnetice. Bul. A.S.E., 8 (1943).
Goldstein: Magnetizări suplimentare. Bul. A.S.E. 6 (1945).

★

ТЕОРИЯ ПЕРЕМЕННОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

Резюме

Установка путем расчета абсолютной величины действительной проницаемости, соответствующей величине сложного намагничивания, полученного посредством наложения дополнительного намагничивания поверх намагничивания первичной обмотки трансформатора тока, с учетом сдвига фаз между двумя намагничиваниями и магнитных свойств железа.

Расчет показывает, что дополнительная проницаемость равна дифференциальной проницаемости тогда, когда эти оба намагничивания имеют сдвиг на 90° и при промежуточных значениях угла сдвига фаз.

★

SUFLAJUL MAGNETIC LA INTRERUPTORII IN AER

Ing. G. COSMIN

Baza actualelor progrese în tehnica sovietică a construcției de aparataj electric de joasă tensiune, o constitue studiile și cercetările experimentale asupra suflajului magnetic al arcului. Se prezintă în cele ce urmează, bazele teoretice și concluziile practice ale experiențelor făcute în acest domeniu.

1. *Ipotezele asupra cauzelor stingerii arcului.* Construcția multor întreruptori în aer prevede contacte prelungite prin coarne (fig. 1).

Arcul format între contacte se ridică pe coarne, se lungește și se stinge. Ridicarea pe coarne se produce dela sine din cauză că aerul de pe linia arcului este mai cald decât cel din jur și în special prin câmpul magnetic propriu al arcului (efectul de buclă); în întreruptorii moderni însă, arcul este suflat în sus printr'un puternic câmp magnetic. Cu mult înainte de a se cunoaște teoria arcului s'a constatat efectul favorabil al coarnelor, utilizat dealtfel și la paratrăsnete, siguranțe cu coarne, etc.

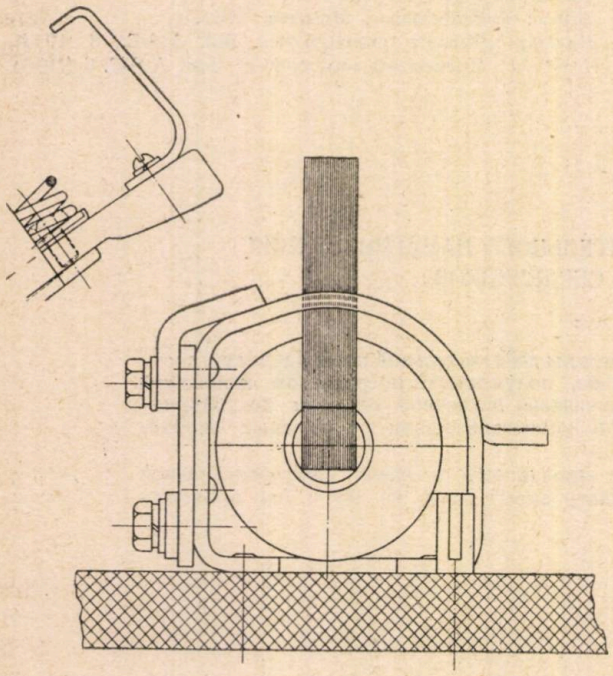


Fig. 1.

Pentru a explica însă dece se stinge arcul când trece pe coarne, s'au emis două ipoteze:

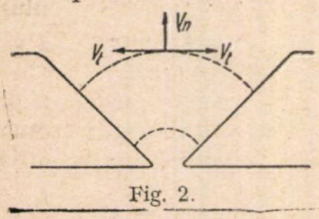


Fig. 2.

Ipoteza clasică, că arcul se stinge în urma creșterii lungimii sale (deci creștere de rigiditate dielectrică totală, datorită creșterii de lungime).

Ipoteza nouă, că arcul se stinge din cauza răcirii și desionizării datorite deplasării rapide prin aerul imobil.

Dărâmarea ipotezei clasice printr'o serie de experiențe lămuritoare a fost făcută în 1936 de către inginerul sovietic Bronn din Harcov, cu ajutorul unui aparat special de cinematografiere rapidă a arcului. Bronn și-a pus problema în felul acesta: viteza arcului pe coarne are o componentă normală și una tangențială (fig. 2). Pentru a vedea care din ele este mai importantă să studiem separat cele două componente, adică să creiem arcuri care să aibă numai pe una din ele. Aceasta este destul de simplu; fig. 3 și 4 ne arată două situații în care arcul este stins prin una singură dintre componente.

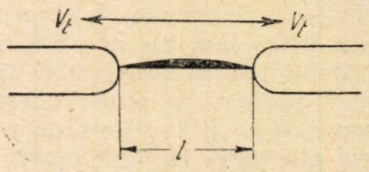


Fig. 3.

2. *Electrozi în linie.* In situația reprezentată în fig. 3, electrozii sunt despărțiți unul de celălalt cu o viteză V_t; asupra arcului lucrează deci

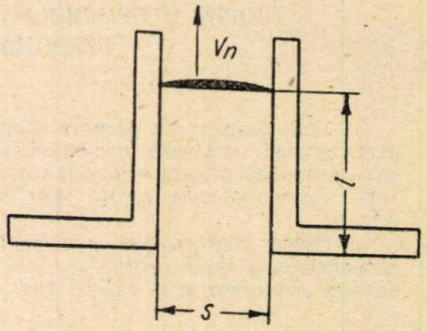


Fig. 4.

numai componenta tangențială V_t. Fie l distanța între electrozi în momentul stingerii arcului electric.

Funcția $l = f(V_t)$ este o linie dreaptă (fig. 5). Concluzia pe care o tragem este că lungimea de stingere a arcului nu depinde de viteza cu care se depărtează electrozii. Ea depinde numai de intensitatea curentului întrerupt. Lungimile de stingere necesare sunt enorme, mult mai mari decât distanțele obișnuite între capetele coarnelor. Să nu tragem totuși de aici concluzia că viteza echipajului mobil este fără importanță. Este adevărat că lungimea de stingere nu depinde de această viteză, timpul de stingere însă depinde de ea în mod direct și scurtarea tocmai a acestui timp este ceea ce ne interesează în cel mai înalt grad.

3. *Electrozii paraleli.* In situația reprezentată în fig. 4, doi electrozi paraleli la baza cărora este

amorsat un arc, sunt menţinuţi la distanţă constantă de 10—12 mm; arcul este suflat în sus printr'un câmp magnetic a cărui intensitate poate fi variată. Viteza arcului este redusă astfel numai

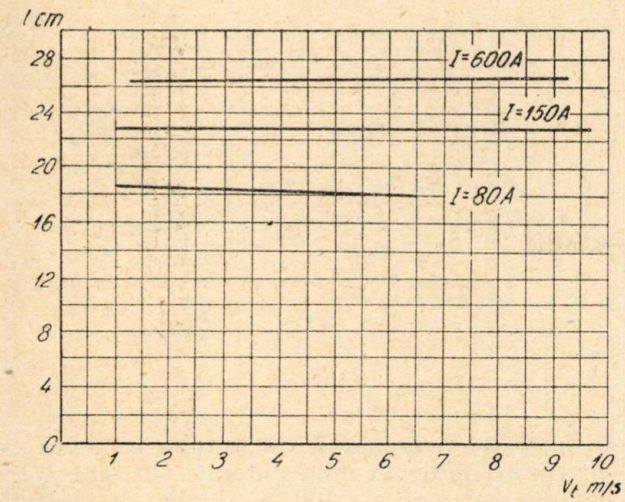


Fig. 5.

la componenta normală direct dependentă de intensitatea câmpului magnetic şi de valoarea curentului după curbele din fig. 6 şi 7. Fig. 6 arată

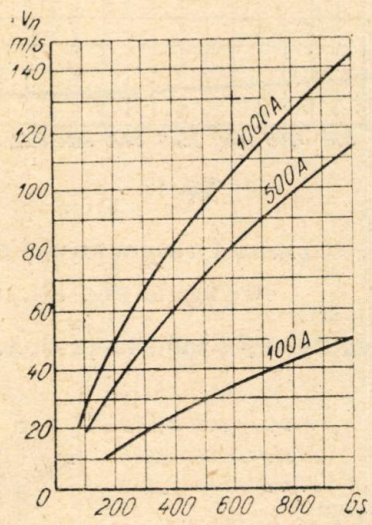


Fig. 6.

că la o creştere a câmpului magnetic corespunde o creştere a vitezei, însă această creştere nu este liniară ci mai mică, deoarece, prin creşterea vitezei, creşte rezistenţa arcului care este proporţională cu pătratul vitezei. Cu cât curentul creşte, cu atât creşte şi această abatere.

Câmpul propriu al arcului născut între doi electrozi de lăţime 2 a şi aşezaţi la distanţa S, este:

$$H_2 = 2I\left[\frac{1}{a}\ \text{arc tg}\ \frac{a}{S} - \frac{1}{2S}\ \ln\ \frac{a^2}{a^2+S^2}\right]$$

Valoarea maximă a acestui câmp este

$$H_{2\max} = I\,\frac{\pi}{a}\ \text{pentru}\ S = 0.$$

La aceasta se adaugă câmpul H_1 dat de bobina de suflaj astfel încât câmpul total este $H = H_1 + H_2$.

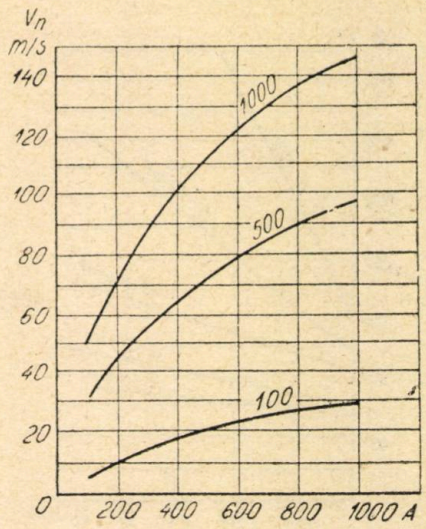


Fig. 7.

Câmpul creşte destul de puţin cu scăderea distanţei S, însă viteza creşte aproape la dublu (fig. 8). Explicaţia este că prin lungirea ar-

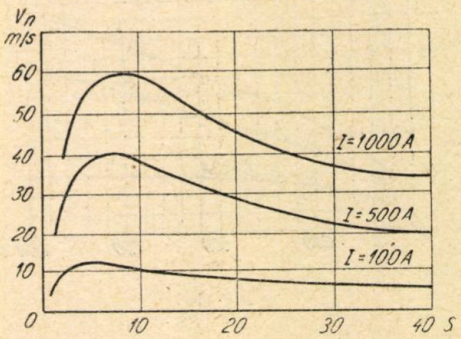


Fig. 8.

cului, acesta se răsuceşte datorită propriului său câmp şi dă naştere unor mişcări turbulente care măresc rezistenţa aerului şi micşorează deci viteza arcului. Insă dela o anumită distanţă S în jos, micşorarea distanţei aduce micşorarea vitezei, căci mişcarea arcului între electrozi apropiaţi este supusă unor mari eforturi aerodinamice care predomină. Aşa că, după cum se vede în fig. 8, există o distanţă optimă S între electrozi, pentru care obţinem viteza maximă a arcului.

Căderea de tensiune în arc creşte liniar cu viteza (fig. 9). La valori mici ale distanţei S (1,5—3 mm) creşterea este mică deoarece căderea de tensiune anodică şi catodică influenţează mult arcul, deasemenea arcul se răceşte prost datorită distanţei mici dintre electrozi.

4. *Electrozi în formă de coarne.* Viteza creşte cu câmpul (fig. 10), însă mai puţin ca la electrozii paraleli (fig. 6) deoarece intervine mai accentuat mişcarea turbulentă. Lungimea arcului scade când viteza creşte, la fel timpul de ardere (fig. 11, 12).

Deducem din aceste figuri că folosind pentru întreruperea unui curent continuu de 500 A la 250 V un câmp de 100 gauși obținem o viteză de

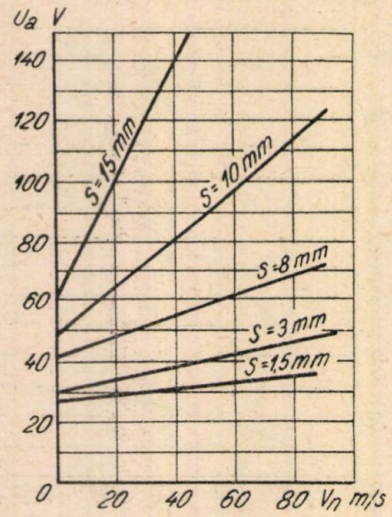


Fig. 9.

10 m/s și un timp de stingere de 6,3 m/s. La un câmp de 1000 gauși obținem o viteză de 29 m/s și un timp de stingere de 2,5 m/s. Rezultă că nu au

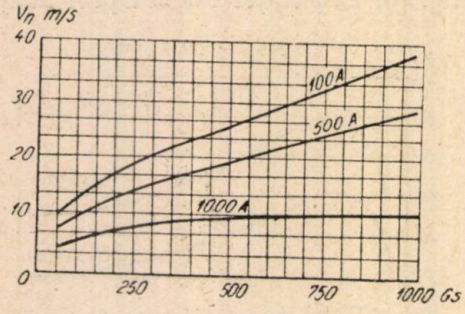


Fig. 10.

rost creșteri prea mari ale câmpului, deoarece timpul de stingere scade din ce în ce mai puțin.

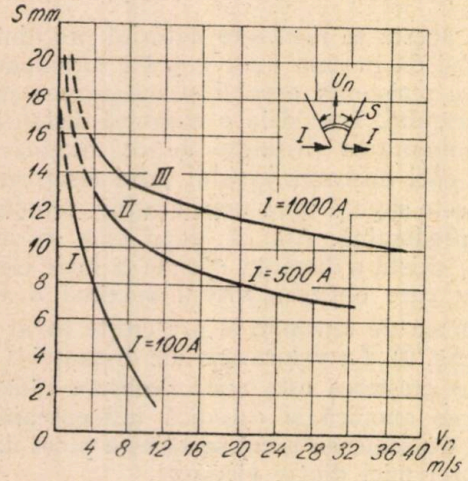


Fig. 11.

5. *Aplicație la întreruptorii cu pârghie.* La întreruperea curenților de peste 100 A, stingerea arcului nu se datorește atât întinderii sale, cât autosuflajului magnetic — respectiv componentei normale a vitezei. Acest lucru se vede clar dacă întrerupem curentul cu un întreruptor cu pârghie montat în jos. Flacăra fuge în jos și se stinge

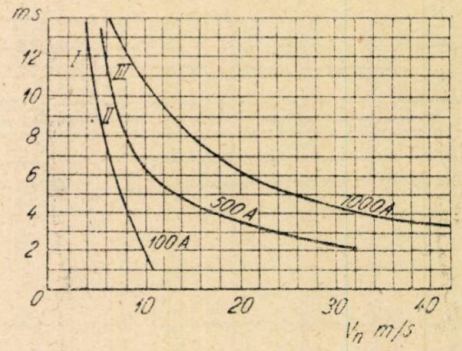


Fig. 12.

în imediata apropiere a contactului fix, ceea ce dovedește influența unui puternic autosuflaj. La curenți mai mari de 100 A, timpul de stingere scade cu cât crește curentul, datorită creșterii vitezei V_n cu curentul (fig. 13).

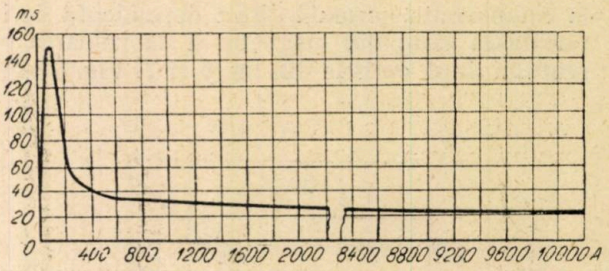


Fig. 13.

Forța ce se exercită asupra arcului este $K = \frac{I^2 i}{4\pi l} \cdot \frac{dL}{dl} \cdot 10^{-8}$ kg/cm (fig. 14), unde l este lungimea cuțitului și L inductanța circuitului.

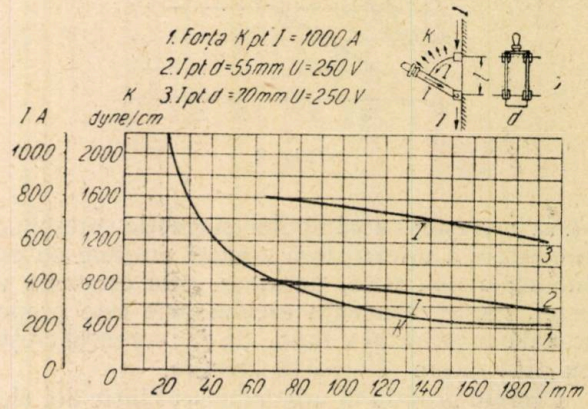


Fig. 14.

Deoarece $\frac{dL}{dl}$ este aproape constant, forța crește cu cât l este mai mic, ceea ce se vede și în curbe. Rezultă avantajul folosirii unor cuțite cât mai scurte (ceea ce este un avantaj și din punct de vedere al spațiului și materialului). Este intere-

santă folosirea autosuflajului pentru evitarea atingerii flacărilor polilor vecini în momentul întreruperii (metoda ecranelor magnetice a lui Bronn). Această metodă evită utilizarea paravanelor izolante şi permite apropierea mare a polilor. Ea este arătată în fig. 15.

6. *Aplicaţie la siguranţe.* La curenţii foarte mari se observă că arcul ia naştere la unul din capetele fuzibilului şi nu la mijloc, ceea ce dovedeşte că înainte de topirea fuzibilului el se rupe prin efectul forţei electrodinamice (maximă la capete), rezistenţa materialului fiind micşorată prin încălzire. Forţele electrodinamice sunt suficiente pentru stingerea arcului.

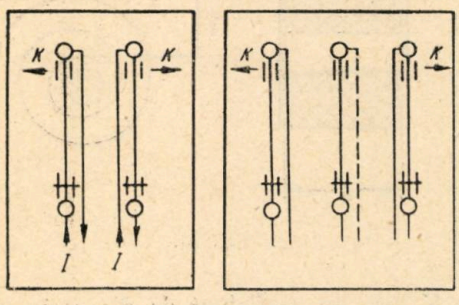


Fig. 15.

7. *Aplicaţiuni la deschiderea contactelor.* Fig. 16 reprezintă variaţia distanţei între contacte în momentul stingerii arcului la întreruperea unor curenţi continui de diferite valori, la 220 V. Des-

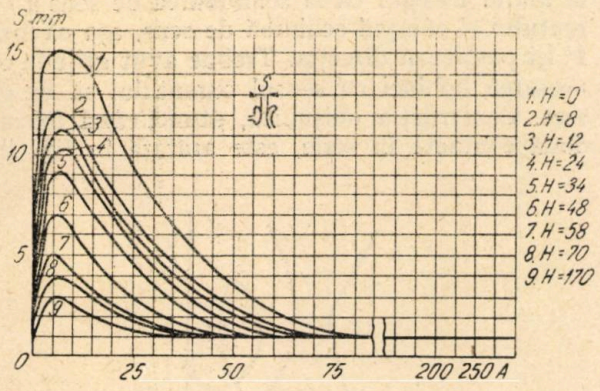


Fig. 16.

chiderea contactelor este maximă pentru un curent de 5—8 A ceea ce se explică prin faptul că la curenţii mai mari câmpul propriu creşte şi arcul este svârlit afară cu o viteză V_n din ce în ce mai mare. La curenţii mici, arcul se stinge prin întindere şi deci deschiderea trebue să fie mai mare.

Deschiderea scade cu cât câmpul exterior creşte. La curenţi mai mari, influenţa câmpului scade, deoarece arcul se stinge prin autosuflaj. Se vede că la un câmp de 100—120 gauşi deschiderea contactelor se micşorează foarte mult şi mărirea câmpului peste aceste valori nu mai influenţează sensibil deschiderea contactelor.

In curent alternativ, fig. 17 ne arată că deschiderea maximă se obţine pentru curenţi de circa 30 A la 500 V şi este de 7—8 mm. Arcul se stinge la prima trecere prin zero a curentului. Timpul de stingere este de maximum 0,25 s pentru curenţi de circa 60 A, dacă deschiderea contactelor este de 8 mm sau mai mare. Dacă deschiderea scade sub 8 mm, timpul creşte brusc.

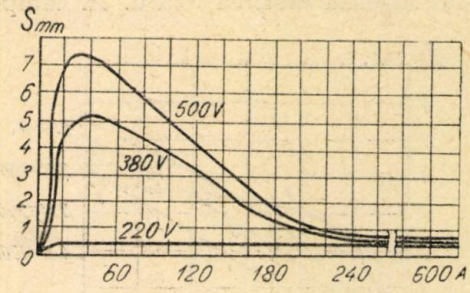


Fig. 17.

8. *Uzura contactelor.* Uzura contactelor σ exprimată în mm este proporţională cu numărul de conectări : $\sigma = C.n.$ (fig. 18). Uzura mai de-

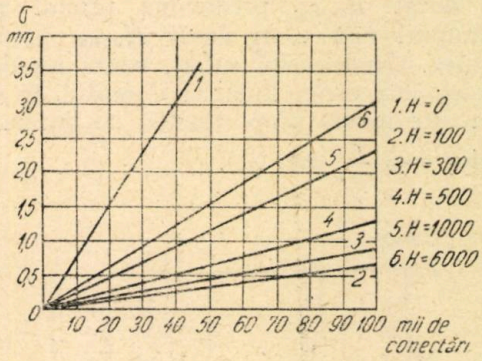


Fig. 18.

pinde de valoarea câmpului de suflaj (fig. 19), a

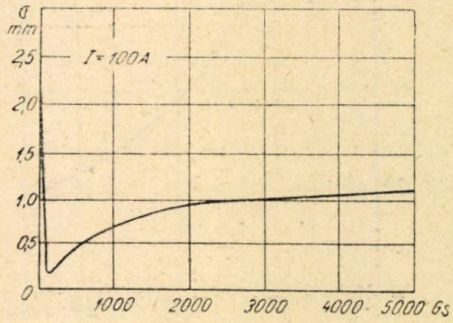


Fig. 19.

curentului (fig. 21) şi a tensiunii (fig. 20). Se vede

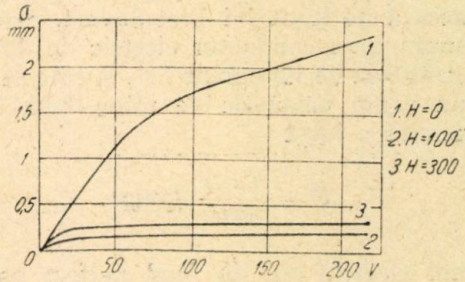


Fig. 20.

că valoarea optimă a câmpului este de 100 gauşi. Explicaţia este următoarea : când câmpul creşte

se produc două procese: 1) mărirea vitezei de mişcare a arcului pe contacte, care favorizează micşorarea uzurii şi 2) expulzarea metalului topit care favorizează mărirea uzurii. In câmpuri mai

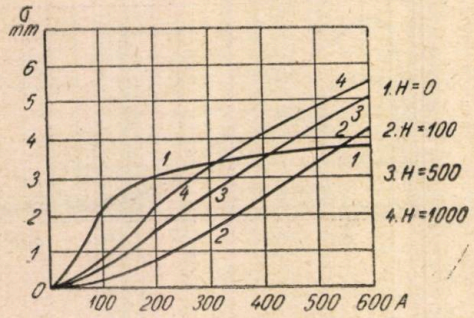


Fig. 21.

mici decât H_{optim} predomină primul proces, în câmpuri mai mari decât H_{optim} predomină al doilea. Când există suflaj, uzura nu depinde de tensiune şi creşte liniar cu curentul. In sfârşit, uzura este invers proporţională cu lăţimea contactelor $\sigma = \frac{c}{s}$ (fig. 22).

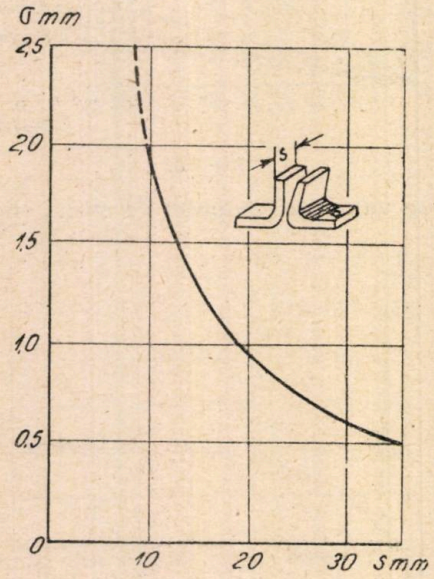


Fig. 22.

9. *Calculul presiunii de suflaj.* Suflajul magnetic se bazează pe legea lui Biot-Savart, care spune că asupra unui conductor electric de lungime l cm, străbătut de un curent i A, şi care se găseşte într'un câmp magnetic de intensitate B gauşi se exercită o forţă

$$P = \frac{l \cdot i \cdot B}{9810} \text{ grame.}$$

Arcul electric este în fond perfect asimilabil unui conductor străbătut de curent şi i se aplică toate legile valabile pentru acesta. Aşa dar, această formulă este valabilă şi în cazul arcului electric. Fie (fig. 23) o bobină străbătută de curentul i în sensul arătat de săgeată. La naştere un câmp:

$$B = \frac{K \cdot 0{,}4\,\pi\, n\, i}{b}$$

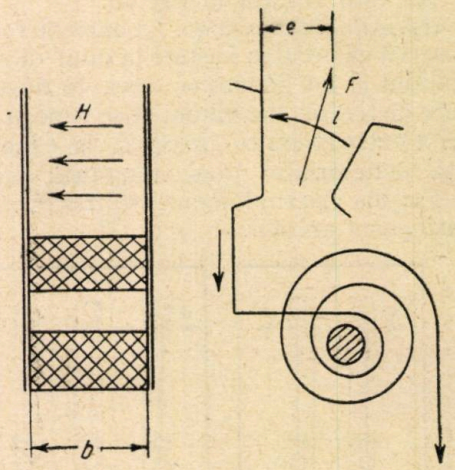


Fig. 23.

unde K este un coeficient de dispersie. Formula a fost stabilită neglijând circuitul prin fier căci drumul b prin aer este foarte mare. Câmpul are conform regulei tirbuşonului, direcţia arătată de săgeţi. Regula mânii stângi ne arată că forţa P asupra arcului are sensul corect, împingând arcul în afară. Desigur că la schimbarea de sens a curentului şi câmpul schimbă de sens, aşa că forţa P îşi păstrează direcţia. Trebue avut grije la conectarea bobinei ca sensul curentului să fie corect. Construcţia obişnuită, atunci'când folosim două contacte în serie, este arătată în fig. 24.

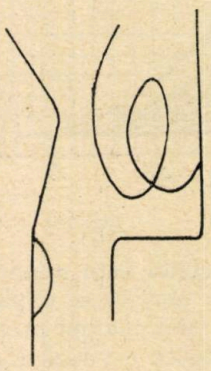


Fig. 24.

Contactele fixe principale şi de flamă se izolează între ele, contactul de flamă fiind legat la clemă prin bobina de suflaj. Aceasta permite ca, pentru înfăşurarea bobinei să se ia o densitate de curent foarte mare, căci ea este străbătută de tot curentul numai o fracţiune de secundă, în momentul anclanşării sau declanşării întreruptorului. Se pot realiza astfel bobine de suflaj foarte puternice (număr mare de amperispire) în dimensiuni relativ mici. Densitatea de curent admisă este 15—20 A/mm², în acest caz.

Forţa P se împarte pe toată suprafaţa lb. Presiunea asupra arcului este:

$$p = \frac{P}{l \cdot b} = \frac{B\,i}{9{,}81 \cdot 10^3\, b}$$

$$p = \frac{K\,0{,}4\,\pi\, n \cdot i^2}{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot B^2} = \frac{1{,}28}{10^4} \cdot \frac{K n\, i^2}{b^2} \text{ gauşi/cm}^2.$$

Ceeace trebue să luăm deci în seamă este ca drumul prin aer, respectiv distanţa b între armături, să fie cât mai mică. Observăm deasemenea că în cazul scurtcircuitelor, suflajul este mult mai puternic, el crescând cu pătratul curentului.

Este de remarcat că circuitul magnetic nu trebue să se închidă pe o altă cale mai uşoară, căci atunci, în regiunea arcului, câmpul ar fi mult slăbit sau chiar anulat.

Câmpul magnetic poate fi produs de o bobină de suflaj, traversată de tot curentul sau numai de o parte din el (cu ajutorul unui şunt). Când curentul este suficient de mare (dela 600—1000 A în sus), câmpul de suflaj poate fi produs de un singur conductor. In curent alternativ, dacă câmpul magnetic este foarte puternic, există riscul ca să întrerupem curentul înainte de trecerea sa naturală prin zero. In acest caz iau naştere tensiuni periculoase, deaceea se evită utilizarea unor câmpuri prea mari.

10. *Suflajul prin magneţi permanenţi.* Dacă întreruptorul are bobină de suflaj în serie, el întrerupe bine curenţii mici; dacă nu are, el întrerupe bine numai curenţii mari. In contactorii al căror sens de curent rămâne neschimbat (cu polaritate fixă) se recomandă înlocuirea suflajului serie printr'un magnet permanent (Fe — Ni—Al) care are următoarele avantaje:

1. Se reduce consumul de cupru.
2. Se simplifică construcţia.
3. Se dă posibilitatea unei răciri mai bune şi se măreşte deci curentul nominal, bobina de suflaj fiind piesa cea mai încălzită (atunci când este străbătută în permanenţă de tot curentul) şi situată în apropierea contactelor.
4. Se stinge arcul mai bine şi se admite o deschidere mai mică a contactelor ceea ce atrage după sine o altă serie de avantaje:

a) micşorarea timpului propriu de anclanşare şi declanşare şi deci mărirea vitezei de funcţionare.

b) micşorarea şocului contactelor la anclanşare.

c) micşorarea dimensiunilor bobinei de acţionare la contactori.

11. *Concluzii.* Tehnica sovietică a aparatajului de joasă tensiune a ajuns astăzi la realizări excepţionale. Concluziile cercetărilor îndelungate ale lui Bronn şi ale elevilor săi, cercetări care au contribuit hotărîtor la progresele făcute atât în tehnica sovietică a construcţiei de aparataj, cât şi în cea mondială, sunt:

a) Arcul ce ia naştere în contacte se stinge nu în urma lungirii sale, ci în urma deplasării sale în aer (adică datorită componentei normale a vitezei sale de deplasare) sub acţiunea suflajului.

b) Câmpul magnetic optim din punct de vedere al timpului de stingere, al deschiderii necesare, al contactelor şi ale uzurii lor, este de circa 100 gauşi.

c) Deschiderea minimă necesară şi suficientă la contactele întrerupătorilor de curent alternativ până la 500 V, este de 8 mm.

★

МАГНИТНОЕ ВЫДУВАНИЕ НА ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ В ВОЗДУХЕ

Резюме

Современные достижения Советской техники в строительстве электрической аппаратуры низкого напряжения, основаны на изучениях и экспериментальных исследованиях Советского инженера О. Б. Бронна, о магнитном выдувании дуги.

В статье излагаются теоретические основы и практические выводы опытов, произведенных в этой области.

★

INCERCĂRI DE A MĂRI PRECIZIA ŞI DE A REDUCE DURATA ETALONĂRII WATTMETRELOR ELECTRODINAMICE PRIN METODA COMPENSATORULUI

VIRGIL CRISTESCU
dela Institutul de Metrologie

Intr'un număr anterior al Revistei „Electricitatea" s'a arătat principiile care stau la baza metodelor obişnuite de etalonare a wattmetrelor model, electrodinamice, la compensator prin citiri succesive ale intensităţii de curent şi ale tensiunii. In continuare, în rândurile de faţă se arată unele încercări de a îmbunătăţi aparatura obişnuită şi metoda de lucru, indicând amănuntele de construcţie ale unui divizor de tensiune, termostat, cu element Weston, cu d cadă de temperatură, cu reglaj automat pe temperatura efectivă a băii termostatului, deci a elementului Weston.

DIVIZORUL DE TENSIUNE

Divizorul de tensiune proiectat şi construit de colectivul Laboratorului Etaloanelor de Electricitate din Institutul de Metrologie al Comitetului de Stat pentru Tehnică, s'a prevăzut pentru tensiunile ce tind a se normaliza la wattmetre : 30 V — 60 V — 90 V — 120 V — 150 V — 240 V — 300 V — 420 V şi 600 V.

In fig. 7 se arată schema de principiu a acestui divizor de tensiune.

Deosebit de priza de 1 V pentru legarea eventuală a divizorului la compensatorul principal, s'a mai prevăzut şi o priză de tensiune pentru 3 V (pentru etalonarea voltmetrelor cu această întindere de măsurat).

Intre prizele de tensiune de 1 V şi 3 V este situată priza de tensiune pentru elementul Weston, propriu divizorului, priză variabilă potenţiometric pe un fir de manganină calibrat, de diametru de 2 mm pentru a adapta exact această priză de tensiune forţei electromotoare efective a elementului Weston la +20 °C şi a ţine seama şi de abaterile acesteia datorite variaţiei temperaturii ambiante faţă de temperatura de + 20 °C.

Elementele Weston ale Institutului de Metrologie au valori atribuite de Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi dela Sèvres, exprimate în volţi absoluţi. Grupul etalon de 6 elemente Weston are astfel la + 20 °C.

$$W_1 = 1{,}018\,688\,0 \text{ V}_{\text{absoluţi}}$$
$$W_2 = 1{,}018\,687\,9$$
$$W_3 = 1{,}018\,688\,0$$
$$W_4 = 1{,}018\,688\,0$$
$$W_5 = 1{,}018\,688\,0$$
$$W_6 = 1{,}018\,688\,0$$

$$W_{\text{mediu}} = 1{,}018\,688\,0 \text{ V}_{\text{absoluţi}}$$

Priza de tensiune variabilă, pentru elementul Weston care se numeşte în cazul altor construcţii „decadă de temperatură" se poate face pentru orice forţă electromotoare a elementului Weston între + 15 °C şi + 25 °C adică pentru o tensiune a acestuia între 1,018 8661 şi 1,0184625 $V_{absoluţi}$.

S'a luat ca ecuaţie a temperaturii

$$E_t = E_{20} - 4{,}06 \cdot 10^{-5}(t\text{-}20) - 0{,}95\ 10^{-6}(t\text{-}20)^2 + 1 \cdot 10^{-8}(t\text{-}20)^3.$$

Considerând limitele de temperatură +15° şi + 25 °C, variaţia totală a forţei electromotoare este de 0,000100 V.

Intensitatea de curent normală pentru care s'a proiectat divizorul este de *10* mA.

In consecinţă, rezistenţele în trepte ale divizorului corespund tensiuni-

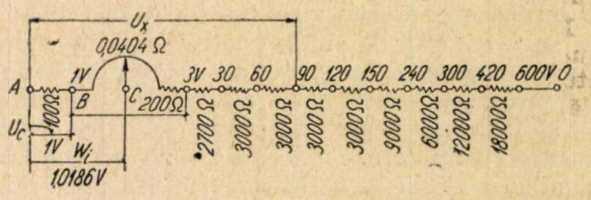


Fig. 7. Schema de principiu a unui divizor de tensiune, cu două prize secundare de potenţial :
A — B — pentru tensiunea de 1V, măsurabilă la compensator ;
A — C — pentru tensiunea opozabilă forţei electromotoare a unui element Weston.

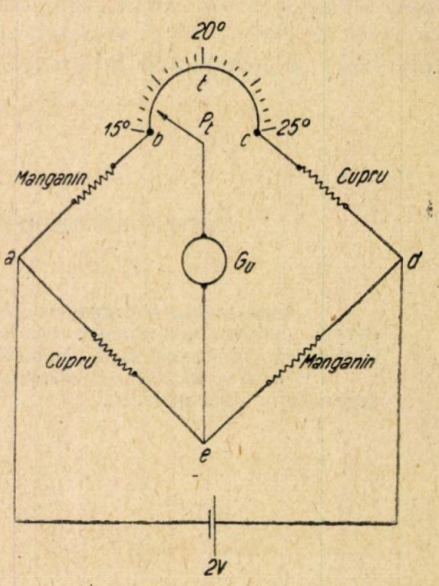


Fig. 8. Puntea Wheatstone montată în divizorul de tensiune pentru controlul pe cale electrică a temperaturii elementului Weston W_i :
ab şi *ed* — rezistenţe din manganin ; *ae* şi *cd* — rezistenţe din cupru ; *bc* — potentiometru cu fir, din manganină, pentrn echilibrareă punţii, prevăzut cu scară de temperatură pentru citire directă între + 15° şi + 25 °C.

lor după cum urmează :

0 V	0 Ω	
1 V	100 Ω	
1,018·4625 V	101,846 Ω	pentru o temperatură ambiantă + 25 °C

1,018 · 8661 V	101,886 Ω	pentru o temperatură ambiantă + 15°C
3 V	300 Ω	
30 V	3000 Ω	
60 V	6000 Ω	
90 V	9000 Ω	
120 V	12000 Ω	
150 V	15000 Ω	
240 V	24000 Ω	
300 V	30000 Ω	
420 V	42000 Ω	
600 V	60000 Ω	

Aceste rezistenţe au fost executate bifilar pe cilindri de alamă izolaţi cu presspan, uscate în vid, lăcuite cu schellack, uscate din nou în vid apoi maturizate timp de 40 ore la +140 °C. Ajustarea lor definitivă s'a făcut după ce ele au fost maturizate. (fig. 7 şi 9).

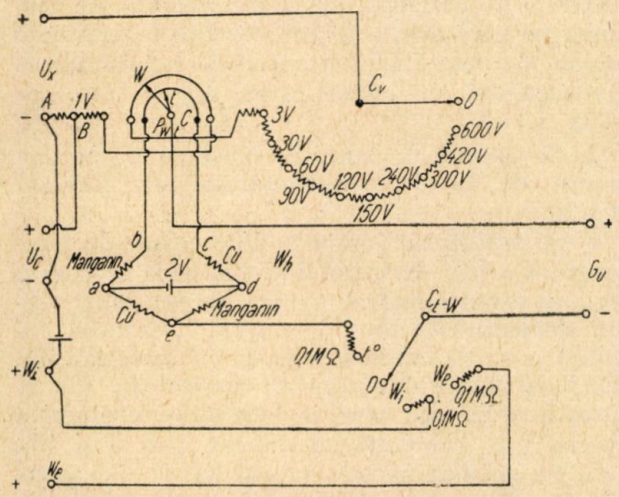


Fig. 9. Schema interioară a divizorului de tensiune: U_x — tensiunea de controlat şi de menţinut constantă; U_c — tensiunea secundară (de max. 1 V) măsurabilă direct la compensator; W_i — Elementul Weston interior (în baia de ulei a divizorului); W_e — elementul Weston exterior (de legat la borna $+W_e$ şi la borna $-U_c$); 0,1M Ω — rezistenţe de protecţie intercalate în circuitul galvanometrului G_u; $P_{w\cdot t}$ — potenţiometrul dublu cu fire: W pentru reglajul rezistenţii corespunzătoare forţei electromotoare efective a elementului Weston şi t pentru echilibrarea punţii Wheatstone de temperatură; $C_{t\cdot w}$ — comutatorul pentru trecerea galvanometrului G_u, fie pe poziţia t^0 pentru puntea Wheatstone pentru controlul temperaturii, fie pe W_i sau W_e, pentru elementele Weston, pentru controlul tensiunii U_x; C_v — comutatorul pe tensiunile normalizate la wattmetru; *ab* şi *ed* — rezistenţe de manganin (constante); *ae* şi *cd* — rezistenţe de cupru variabile cu temperatura.

Elementul Weston montat în interiorul divizorului de tensiune, în baia de ulei de parafină a acestuia, are totuşi două borne pe placa de pertinax a divizorului pentru a face posibilă comparaţia şi controlul lui fără a-l demonta (fig. 9 şi 10).

Aparatul este prevăzut a lucra şi cu un element Weston exterior.

Toate părţile componente interioare ale divizorului, ca rezistenţele de manganin, comutatorul (C_v) principal al divizorului, pe diversele tensiuni, potenţiometru W pentru reglajul fin al prizei de tensiune pentru elementul Weston (decada de temperatură) $P_{w\cdot t}$, elementul Weston W_1, comutatorul $C_{t\cdot w}$, puntea Wheatstone W_h pentru măsurat temperatura uleiului din baie, sunt cufundate în această baie de ulei de parafină.

Aparatul s'a prevăzut cu un dispozitiv simplu de agitare a uleiului şi cu o serpentină de cupru pentru a putea fi termostatat la + 20 °C printr'o

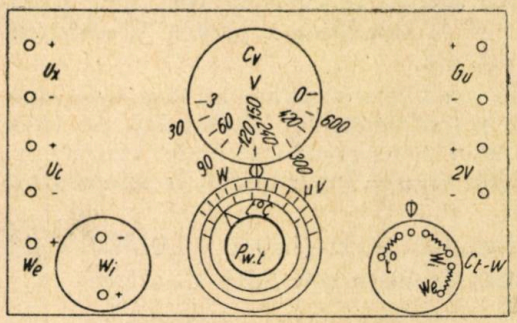


Fig. 10. Vederea schematică a divizorului de tensiune: U_x — tensiunea de controlat şi de menţinut constantă; U_c — tensiunea secundară de 1 V măsurabilă direct la compensator; W_i — elementul Weston interior; W_e — elementul Weston exterior; C_v — comutatoru, pe tensiunile normalizate la wattmetre; $P_{w\cdot t}$ — potenţiometrul dublul cu fir, pentru reglajul rezistenţei corespunzătoare forţei electromotoare efective a elementului Weston şi pentru echilibrarea punţii Wheatstone de temperatură; $C_{t\cdot w}$ — comutatorul pentru trecerea galvanometrului G_u, fie pe puntea Wheastone pentru temperatură, fie pe W_i sau pe W_e, elementele Weston pentru controlul tensiunii U_x.

circulaţie forţată de petrol la + 20 °C debitat de un termostat automat de tipul Hoppler.

MĂSURAREA TEMPERATURII ŞI REGLAJUL POTENŢIOMETRULUI PE ELEMENTUL WESTON

Măsurarea temperaturii uleiului de parafină din baia divizorului se poate face atât cu termometre cu mercur cu scala divizată la 0^0,1 C cu posibilitatea de a aprecia sutimea de grad, cât şi electric printr'o punte Wheatstone (W_h) cu două laturi de manganină (*ab* şi *ed*) şi două de cupru (*ab* şi *cd*). Aceste patru rezistenţe sunt cufundate în uleiul de parafină (fig. 8 şi 9).

Intre laturile superioare ale punţii se intercalează un potenţiometru cu fier (P_t).

Echilibrul punţii corespunde pentru temperatura de + 20 °C, cu poziţia mijlocie a cursorului, poziţie căreia îi corespunde indicaţia +20 °C pe o scală fixată pe placa de pertinax a divizorului.

Pentru o temperatură cuprinsă între + 15 °C şi +20 °C se va putea obţine echilibrul punţii deplasând cursorul spre stânga, iar dacă temperatura depăşeşte +20 °C, cursorul potenţiometrului va trebui deplasat la dreapta. In rezumat, prin echilibrarea punţii, se obţine temperatura băii. Mai mult, potenţiometrul de echilibrare al acestei punţi s'a solidarizat cu potenţiometrul de reglaj al tensiunii opuse elementului Weston, potrivit temperaturii şi astfel, echilibrând puntea Wheatstone pentru controlul temperaturii, reglăm şi „decada de temperatură" între limitele

$$W_{15^0} = 1{,}0189661 \text{ V şi } W_{25^0} = 1{,}0184625 \text{ V}$$

care reprezintă f.e.m. a elementului Weston etalon ($W_{20} = 1{,}018688$) la temperaturile limită de + 15 °C şi + 25 °C.

Deoarece diferitele elemente Weston au f.e.m. la + 20 °C diferite de valoarea medie a grupului etalon $W_{20} = 1{,}018688$, trebue ca înainte de a cupla (mecanic) cele două potenţiometre, să situăm pe

cel de temperatură pe poz. + 20 °C şi pe cel al divizorului pe f.e.m. efectivă la +20° a elementului Weston cu care lucrăm.

După aceasta se cuplează cele două potenţiometre şi se echilibrează puntea Wheatstone de temperatură.

Prin această echilibrare se face dela sine reglajul potenţiometrului divizorului, pe valoarea rezistenţei corespunzătoare f.e.m. efective a elementului Weston întrebuinţat, la temperatura de lucru.

Astfel, dacă W_i la + 20 °C = 1,018650 V şi temperatura de lucru este 22°,5 C, atunci

$$W_i \text{ la } +22°,5 = 1{,}018543 \text{ V}$$

şi rezistenţa pe care se derivă elementul Weston trebue să fie de 101,854 Ω.

Această dispoziţie imaginată de colectivul laboratorului, permite aşadar să se regleze foarte uşor rezistenţa AC, (fig. 7 sau 9) corespunzător f.e.m. elementului Weston, ţinând seama atât de f.e.m. a sa la +20 °C cât şi de modificarea acesteia datorită temperaturii efective a elementului normal din momentul determinării.

Fig. 10 reprezintă vederea schematică a divizorului.

Metoda de lucru, îmbunătăţită prin reducerea duratei şi mărirea preciziei etalonării wattmetrelor (model) electrodinamice prin metoda compensatorului prin citiri simultane ale intensităţii şi tensiunii.

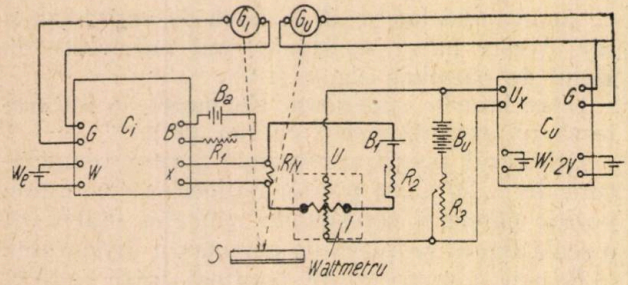


Fig. 11. Schema de ansamblu a montajului pentru etalonarea unui wattmetru electrodinamic în curent continuu :

C_I — compensatorul principal care controlează curentul I al wattmetrului ; W_e — elementul Weston pentru reglajul curentului auxiliar al compensatorului C_I ; R_N — rezistenţa normală (etalon) în circuitul de intensitate al wattmetrului ; C_u — divizorul de tensiune (compensatorul în trepte) ; W_i — elementul Weston ; G_i şi G_u — galvanometrele ; S — scala (comună).

In fig. 11 dăm schema simplificată a montajului pentru etalonarea unui wattmetru electrodinamic model (etalon) prin metoda compensatorului, folosind :

a) *un compensator principal* C_I pentru măsurarea intensităţii curentului din wattmetru ;

b) *un divizor de tensiune* în trepte C_u pentru controlul tensiunii aplicate la wattmetru şi pentru a permite reglajul acesteia la o valoare constantă (30 V — 60 V — 90 V, etc.) ;

c) *două galvanometre* G_I pentru compensatorul C_I şi G_u pentru divizorul de tensiune C_u ;

d) *două proiectoare de lumină* şi o *singură scală* S pentru ambele galvanometre ;

e) *comutatoare* şi *inversoare în ulei*, etc.

Schema din fig. 11 este simplificată pentru că nu cuprinde, pentru o mai uşoară înţelegere, inversorul de curent şi tensiune şi rezistenţa de fixare pentru elementul Weston destinat controlului curentului auxiliar, etc.

Etapele etalonării : 1. Se reglează curentul auxiliar al compensatorului principal C_I (fig. 11) cu ajutorul reostatului R_I şi cu ajutorul elementului Weston W_e, la valoarea obişnuită 0,1 mA.

2. Se determină curentul I de sarcină al wattmetrului de etalonat, măsurând căderea de tensiune pe care acesta o produce într'o rezistenţă etalon R_N montată în circuitul de intensitate al wattmetrului. Se aduce astfel G_I la zero pe scala S.

3. Se comută divizorul de tensiune C_u pe tensiunea de lucru a wattmetrului de etalonat (fig. 9).

4. Se echilibrează puntea Wheatstone de temperatură a băii divizorului şi dela sine se face şi reglajul potenţiometrului prizei de tensiune pentru elementul Weston W_i propriu divizorului, folosind o sursă exterioară de 2 V, elementul W_i din baia divizorului şi galvanometrul G_u. Comutarea acestuia din urmă se face cu un comutator special C_{tw}, prevăzut pe divizor (fig. 9 şi 10).

5. Se comută galvanometrul G_u pe elementul Weston W_i şi se reglează tensiunea U dela wattmetru, aducând galvanometrul G_u la zero, pe scala S (fig. 11).

6. Se face citirea la wattmetru când ambele spoturi sunt la zero (pe aceeaşi verticală).

Observaţie. Citirile sunt astfel simultane, mai bine zis, controlul tensiunii este simultan cu al intensităţii, prin aceasta timpul (durata) etalonării este redus şi precizia sporită.

Alte îmbunătăţiri de aparatură şi metodă. Pentru a distinge bine cele două spoturi, s'a colorat diferit unul din ele.

S'a reuşit a se lumina ambele galvanometre dela un singur proiector de lumină.

Colectivul a construit un dispozitiv (optic) pentru citiri la wattmetru cu luneta după verticală, fără erori de paralaxă, făcând uşor şi sigur posibilă aprecierea zecimei de diviziune.

Elementele Weston construite după prescripţiile internaţionale au inconvenientul că sunt foarte sensibile la diferenţe de temperaturi ale celor doi poli.

Colectivul Laboratorului de Electricitate din Institutul de Metrologie a proiectat şi construieşte 20 de elemente Weston, care au exact reţeta chimică prescrisă de Biroul Internaţional, dar a căror formă are de scop să evite inconvenientul semnalat mai sus.

Variaţiile de temperatură ale mediului ambiant influenţează cum se ştie forţa electromotoare a elementului normal. Un inconvenient deosebit de

acesta constă în faptul că chiar dacă temperatura revine la aceea de referinţă, forţa electromotoare nu revine şi ea, *imediat* la valoarea normală, corespunzătoare acestei temperaturi. De aceea, păstrarea în termostate, nu totdeauna posibilă şi comodă, este necesară.

Colectivul nostru are în studiu un dispozitiv care să atenueze foarte mult variaţiile de temperatură din laborator pentru elementele Weston.

Bibliografie:

N. G. Vastrocmatov: Tehnica măsurării mărimilor electrice şi magnetice.

Cristescu V.: Incercări de a mări precizia şi de a reduce durata etalonării wattmetrelor electrodinamice prin metoda compensatorului. Electricitatea, 12 (1951) 26.

*

ПОПЫТКИ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ И УМЕНЬШЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭТАЛОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ВАТТМЕТРОВ СПОСОБОМ КОМПЕНСАТОРА

Резюме

В одном из предыдущих номеров журнала „Электричество" были указаны принципы на которых основываются обычные способы эталонирования образцовых электрических ваттметров на компенсаторе при помощи последовательных отсчетов силы и напряжения тока. В настоящей статье излагаются некоторые попытки улучшения обычных приборов и метода работы, с указанием подробностей конструкции разделителя напряжения, термостата, с элементом Вестона, с температурной декадой, с автоматической регулировкой по действительной температуре термостата, а следовательно элемента Вестона, и т. д.

*

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

INTREBUINŢAREA TRANSFORMATORILOR REGLABILI DE DIVERSE TIPURI ÎN REŢELELE ELECTRICE ALE ORAŞELOR*)

B. G. HOLMSKI

Candidat în Ştiinţe tehnice, Institutul Politehnic din Kiev

Se propune o nouă metodă de calcul a reţelelor electrice urbane prin folosirea transformatorilor reglabili. Sunt indicate cele mai economice metode de determinare a căderilor de tensiune limită admisibilă, în cazurile când se folosesc transformatori reglabili de diverse tipuri. Sunt deasemenea indicate domeniile de folosire a diverselor tipuri de transformatori. Totdeodată este studiată influenţa transformatorilor reglabili asupra indicilor economici ai reţelei.

Orice reţea electrică, pentru a garanta siguranţa alimentării, trebue să îndeplinească două condiţii de bază:

1. Să menţină căderea de tensiune la consumator în limitele admisibile.

2. Să transmită energia electrică cu minimul de cheltueli.

Pentru calculul reţelelor electrice urbane, s'a adoptat în general metoda de determinare a secţiunii conductorilor, după căderea de tensiune şi încălzirea admisibilă, stabilită prin „Regulamente şi norme" în anul 1940 (B 1). Neajunsul principial al acestei metode de calcul constă în tendinţa de a se rezolva problema de alegere a secţiunii conductorilor numai din punct de vedere tehnic, deşi în fond această problemă este mai întâi de toate o problemă economică. Noţiunea de secţiune economică a conductorilor sau de densitate economică de curent, nu sunt recunoscute ca oficiale şi nu sunt amintite în normele de proiectare a reţelelor urbane. Pe lângă aceasta, metoda existentă mai prezintă următoarele inconveniente:

1. Stabilirea unei căderi de tensiune, aceeaş pentru toate reţelele, fără a se ţine seama de posibilităţile de reglare a tensiunii în punctul de alimentare al reţelei (ceea ce în unele cazuri provoacă o variaţie a tensiunii, care depăşeşte cu mult limitele admisibile.

2. Normalizarea căderilor de tensiune calculate exclusiv pentru reţeaua de înaltă şi joasă tensiune, în timp ce variaţia de tensiune la consumatori depinde de suma căderilor totale de tensiune întoate elementele reţelei.

3. Ignorarea posibilităţilor de întrebuinţare a noilor mijloace tehnice, în particular a transformatorilor reglabili, pentru îmbunătăţirea regimului tensiunii.

4. Neglijarea faptului că verificarea la încălzire poate în unele cazuri să servească drept bază pentru mărirea secţiunilor conductorilor, în comparaţie cu cele economice, dar nici decum pentru micşorarea lor.

Pentru a se asigura proiectarea reţelelor urbane cu parametrii economici, este necesar să se definească mai întâi noţiunile asupra valorilor căderilor de tensiune: ΔU_e = căderea de tensiune economică, atunci când reţeaua funcţio-

* Din Electricestvo, Nr. 4 950.

nează cu densitatea de curent economică în toate elementele ei; ΔU_1 = căderea de tensiune limită, atunci când variaţiile de tensiune la consumatori ating valorile maxime admisibile; ΔU_c = căderea de tensiune rezultată din calcul, după care trebue să se aleagă secţiunile conductorilor.

Teoretic, ar urma să se ia $\Delta U_c = \Delta U_e$. Totuşi, în reţelele de o lungime mai mare ΔU_c are o valoare care nu se atinge chiar atunci când există instalaţii auxiliare de reglaj. De aceea, pentru ΔU_c trebue să luăm cea mai mică dintre valori, determinate prin neegalităţile

$$\Delta U_c \leqslant \Delta U_e \quad \text{şi} \quad \Delta U_c \leqslant \Delta U_1$$

Dacă fără a se întrebuinţa instalaţiile auxiliare se întâmplă că $\Delta U_1 \ll \Delta U_e$, trebue neapărat să studiem în ce măsură este indicat să se instaleze transformatori de tipuri speciale. Din această categorie de transformatori indicaţi pentru reţelele urbane fac parte:

1. Transformatorii puternici, coborîtori de tensiune prevăzuţi cu trepte de reglaj a tensiunii sub sarcină. Astfel de transformatori sunt întrebuinţaţi în substaţiile sistemelor energetice, care alimentează reţelele urbane. Instalarea lor permite să se realizeze reglarea în ambele sensuri, în punctul de alimentare al reţelei, ceea ce are ca rezultat o însemnată uşurare a acesteia.

2. Survoltorii şi autotransformatorii, cuplaţi în serie pe linia de înaltă tensiune care furnizează punctul de alimentare sau un grup de transformatori coborîtori de tensiune. Pentru a se evita o scumpire exagerată a dispozitivelor de comutare, survoltorii de putere mijlocie se execută nereversibil cu una sau două trepte de tensiune de 5 – 10%.

3. Transformatorii coborîtori ai reţelei, prevăzuţi cu trepte de reglare, care au început a fi construiţi de către uzinele sovietice încă înainte de Marele Răsboi pentru Apărarea Patriei (2). Deoarece aceştia sunt deobicei transformatori de putere mică, pentru ei se întrebuinţează schema cea mai simplă de reglare de 5% de partea tensiunii joase. In acest caz, de partea tensiunii înalte se menţin ramificaţii normale fără trepte de reglaj.

4. Autotransformatorii nereglabili, cu coeficient de transformare de 1,05 cuplaţi direct (fără aparate de comutaţie) în serie, pe liniile principale de joasă tensiune. Un astfel de transformator poate fi aşezat într'o ladă şi atârnat de orice suport al reţelei sau aşezat pe bornele unui consumator relativ mare. In ultimul caz, transformatorul calculat corespunzător poate fi folosit în reţele trifazice în calitate de „neutraler". In loc de autotransformator trifazic, poate fi folosit un grup de trei transformatori monofazici mici de tip „cazan" *), legaţi după schema unui survoltor. Cuplarea directă fără aparate de comutare şi dispozitive automate face ca instalaţia să fie simplă, sigură şi ieftină. Executarea transformatorilor de joasă tensiune şi a autotransformatorilor poate fi realizată în orice atelier electrotehnic.

* Instalarea grupului survoltor format din trei transformatori de tip „cazan" (propusă de către Ing. B. S. Meşel). Problema întrebuinţării unor astfel de transformatoare în reţelele urbane este studiată de către brigada Departamentului NITOE din KIEV, sub conducerea autorului acestui articol.

DETERMINAREA CĂDERII DE TENSIUNE ECONOMICE

Pentru un număr mic de sarcini, distribuite dealungul liniei şi pentru o lungime însemnată a porţiunilor, se preconizează construcţia liniilor cu o densitate de curent constantă, egală cu densitatea economică j_e (A/mm²). Insemnând lungimea şi puterea unei porţiuni oarecare, respectiv cu l_i km, P_i kW, lungimea totală l_0 km, tensiunea nominală $U_{n\text{kV}}$, rezistenţa specifică a conductorilor ρ (Ω/mm²/km) şi defazajul φ_c şi adoptând pentru rezistenţa reactivă o oarecare valoare medie x_0 (Ω/km), vom obţine pentru căderea de tensiune economică, în procente, expresia:

$$\Delta U_e = \frac{\sqrt{3}\, l_0 \rho\, j_e \cos\varphi_c}{10\, U_n} + \frac{x_0 \operatorname{tg} \varphi_c \Sigma\, P_i l_i}{10 U_n^2}.$$

Pentru reţele desvoltate, cu multe sarcini, se adoptă de obicei, pentru liniile principale o secţiune constantă sau cu un număr limitat de secţiuni. Pentru a se generaliza noţiunea despre densitatea de curent economică, pentru astfel de conducte principale vom introduce în consideraţiile noastre puterea medie geometrică a conductei principale pe toată lungimea ei (L_3). Media geometrică a puterii se determină prin expresia:

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{l_0} \int_{\rho_0}^{l_0} S_x\, d_x}. \qquad (1)$$

Pentru secţiunea S a liniei principale sau a uneia din porţiunile sale, densitatea medie a curentului pe linie

$$j_m = \frac{S_m}{\sqrt{3}\, U_n\, S}.$$

Adoptând $j_m = j_e$, se poate determina secţiunea economică şi căderea de tensiune corespunzătoare. Vom studia cazurile posibile de calcul.

Cazul „a". Conducta principală de înaltă tensiune, cu sarcini concentrate. Insemnând puterea reactivă pe o porţiune oarecare prin Q_i kV AR, din expresia (1) se obţine

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{l_0} \Sigma\, (P_i^2 + Q_i^2)\, l_i}.$$

Secţiunea economică a conductorilor este:

$$S_e = \frac{S_m}{\sqrt{3}\, U_n\, j_e}.$$

Determinând valorile corespunzătoare ale rezistenţei active r_0 Ω/km şi a rezistenţei reactive pentru determinarea lui ΔU_e, avem:

$$\Delta U_e = \frac{r_0 \Sigma\, P_i l_i + x_0 \Sigma\, Q_i l_i}{10\, U_n^2}.$$

Cazul „b". Linia principală de joasă tensiune cu sarcină activă uniform distribuită p_0 (W/m). Lungimile le luăm în metri şi tensiunile în volţi. Pentru acest caz se obţine :

$$P_m = \frac{P_0 l_0 10^{-3}}{\sqrt{3}} ; \quad S_e = \frac{P_0 l_0}{3 U_n j_e} ; \quad \Delta U_e = \frac{150\ \rho\ l_0 j_e}{U_n} .$$

La efectuarea calculului după căderea de tensiune dată, ΔU_n, există o oarecare lungime critică a liniei principale, la care media geometrică a puterii transmisă este egală cu cea economică. Această lungime se determină prin expresia :

$$l_{cr} = \frac{U_n \Delta U_e}{150\ \rho\ j_e} .$$

Pentru lungimi mai mici decât cea critică, reţeaua trebue calculată după densitatea economică de curent, iar pentru lungimi mai mari decât cea critică, după pierderile de tensiune.

Pentru greutatea specifică a metalului din care este fabricat conductorul γ (kg/dm³), consumul său relativ g(kg/kW), în calculul reţelei cu o densitate economică şi după căderea de tensiune vom avea respectiv :

$$g_e = \frac{\gamma l_0}{U_n j_e} \quad \text{şi} \quad g_0 = \frac{150\ \rho\ \gamma\ l_0^2}{U_n^2 \Delta U_1} .$$

Se poate de asemenea arăta că pierderea de putere în procente este :

$$\Delta p = \frac{\Delta U}{1{,}5} .$$

Cazul „c". Conducta principală de joasă tensiune cu sarcină uniform repartizată şi sarcini concentrate. Schema de calcul este dată în fig. 1. Sar-

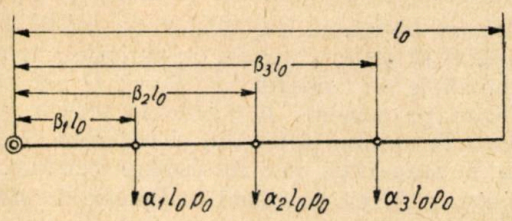


Fig. 1

cinile concentrate sunt indicate pe schemă în procente din totalul sarcinii uniform distribuite a conductei principale. Distanţele dela punctul de alimentare până la ramificaţii sunt exprimate în fracţii din lungimea totală a conductei. In acest caz :

$$P_m = p_0 l_0 10^{-3} x \sqrt{\int_{1-\beta_n}^{1} x^2\, dx + \sum \int_{1-\beta_i}^{1-\beta_{1-1}} \left(x + \sum_{k=1}^{k=n} \alpha_k \right)^2}$$

$$dx = \psi\ p_0 l\ 10^{-3}$$

unde după integrare, ψ are valoarea :

$$\psi = \frac{1}{3} + \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \beta_i + 2 \sum_{i=1}^{i=n-1} \sum_{k=i+1}^{q=1} \alpha_i \alpha_k \beta_i + \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \beta_i (2 - \beta_i)$$

celelalte mărimi

$$S_e \frac{\psi\ P_0 l_0}{\sqrt{3}\ U_n j_e} \quad \text{şi} \quad \Delta U_e = \frac{50 \sqrt{3}\ \rho\ l_0 j_e b}{\psi\ U_n}$$

şi unde

$$b = 1 + 2 \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \beta_i .$$

Căderea de tensiune economică totală trebue să fie calculată dela punctul de alimentare până

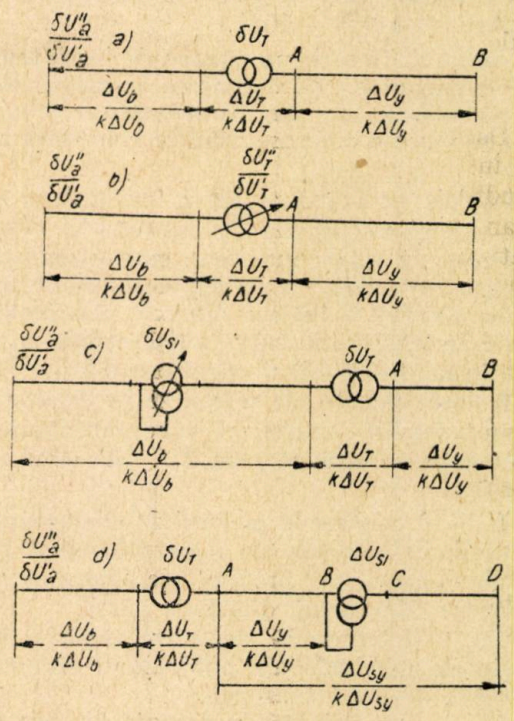


Fig. 2

la consumatorul cel mai îndepărtat, care se găseşte pe conducta principală sau pe ramificaţie.

Valorile densităţii de curent economice pentru reţelele de înaltă tensiune aeriene şi în cabluri, sunt normalizate de către hotărîrile Comisiunei Tehnice a Ministerului Centralelor Electrice (4—5). Până la precizarea problemei, se pot folosi aceste valori şi pentru reţelele de joasă tensiune. In acest caz, până la 3000 ore de utilizare a maximum-ului, lungimea specifică critică a reţelei cu conductori de cupru şi aluminiu, la tensiunea 380 V, va fi aproximativ 60 m cu 1% cădere de tensiune.

DETERMINAREA CĂDERII DE TENSIUNE-LIMITĂ

Căderea de tensiune limită depinde de variaţiile admisibile ale tensiunii la consumator, de condiţiile de reglare în punctul de alimentare al reţelei şi de tipul transformatorilor întrebuinţaţi.

In fig. 2 sunt reprezentate 4 scheme posibile pentru reglarea tensiunii la consumatorii cuplaţi la reţeaua joasă de tensiune a unui punct de transformare oarecare.

Schema a. Reglarea se face numai în punctul de alimentare a reţelei de înaltă tensiune. In punctul de transformare considerat este aşezat un

transformator coborîtor de tensiune obişnuit, fără trepte de reglaj.

Schema b. Transformatorul coborîtor are în bobinajul primar ramificaţii obişnuite, fără trepte de reglaj, iar în bobinajul secundar cuprinde o ramificaţie auxiliară de reglaj, care dă o ridicare de tensiune cu 5%.

Schema c. In serie pe reţeaua de înaltă tensiune, într'un punct oarecare este cuplat un survoltor reglabil sau un autotransformator, având treptele $-0-5-10\%$.

Schema d. In serie pe reţeaua de joasă tensiune este cuplat direct (fără aparate de comutaţie) un autotransformator sau transformator survoltor, care produce o oarecare ridicare constantă a tensiunii.

Reţelele de înaltă şi joasă tensiune se consideră deschise. Căderile de tensiune în diferitele elemente, în regim maximal, sunt însemnate pe scheme prin ΔU cu indicii corespunzători. In regim minimal îi luăm k din cele maximale. Căderile de tensiune în survoltori le neglijăm, deoarece în mod obişnuit nu depăşesc 0,5%.

In unele puncte ale reţelei se produce o creştere a tensiunii. „Creşterile" corespunzătoare sunt însemnate pe scheme prin δU. Ele sunt următoarele:

δU_n — o creştere în punctul de alimentare, depinzând de condiţiile de reglare în acest punct.

δU_T — creşterea produsă de transformatorul coborîtor. Ea constă din două părţi:

δU_{T_1} — determinată de către raportul dintre tensiunile nominale ale bobinajului secundar şi a reţelei de joasă tensiune;

δU_{T_2} — determinată de treapta la care a fost reglat bobinajul de înaltă tensiune.

Pentru transformatorii normalizaţi de reţea $\delta U_{T_1} = 5\%$ şi δU_{T_2}, ei pot avea valoarea -5%, 0% sau $+5\%$. In acest caz, pentru creşterea rezultată se obţine 0%, $+5\%$ şi $+10\%$.

Pentru transformatorii fără trepte de reglaj, creşterea aleasă δU_T rămâne constantă pentru toate regimurile.

Pentru transformatori reglabili de tipurile cele mai simple, valorile δU_T în regimurile maximal şi minimal pot diferi cu 5%.

δU_{SI} — creşterea cauzată de survoltorul de înaltă tensiune.

δU_{SJ} — creşterea cauzată de survoltorul de joasă tensiune, fără trepte de reglaj, care este constantă în toate regimurile. Valorile sale admisibile vor fi determinate mai jos.

Toate căderile şi creşterile de tensiune le socotim exprimate în procente din tensiunea nominală a reţelei. Creşterile variabile sunt prevăzute cu indicii suplimentari $'$ şi $'''$, respectiv pentru regimurile minimal şi maximal.

Folosindu-ne de valorile relative ale căderilor de tensiune, nu facem mai departe niciun fel de ipoteze limitatoare asupra structurii reţelelor de înaltă şi joasă tensiune, în afară de ipoteza lipsei de circuite închise. De aceea, în linia de înaltă tensiune dată, mai aproape şi mai departe de punctul de transformare considerat, poate fi cuplat un număr oarecare de alte puncte de transformare. La fel şi în linia de joasă tensiune dată, poate exista un număr oarecare de sarcini intermediare şi ramificaţii. In toate cazurile, căderea limitată de tensiune se determină ca o cădere totală maximă admisibilă în elementele reţelei, dela punctul de alimentare până la consumatorul cel mai îndepărtat. Valorile căderilor de tensiune limită pentru consumatorii care primesc energie dela diversele puncte de transformare ale reţelei date, vor fi diferite. Faptul constă în aceea că valorile creşterilor de tensiune admisibile produse de transformatori, depind nu numai de condiţiile de reglare în punctul de alimentare, dar şi de valorile căderilor de tensiune în reţeaua de înaltă tensiune. Fiecărei trepte de creştere a tensiunii produse de transformatori îi corespunde un interval bine determinat de valori a căderilor de tensiune în reţeaua de înaltă tensiune. Creşterea minimă trebue neapărat să se ia la transformatorii aşezaţi în imediata apropiere a punctului de alimentare. Pentru o oarecare depărtare a transformatorului, ia naştere posibilitatea schimbării de loc a ramificaţiilor şi o mărire corespunzătoare a căderii de tensiune limită. Căderea de tensiune minimă în reţeaua de înaltă tensiune, pentru care este admisă funcţionarea transformatorilor, cu o creştere oarecare dată, a tensiunii, o vom numi în cele ce urmează „distanţa electrică minimă admisibilă a transformatorului" şi o vom nota prin λ_t.

Problema de bază a calculului constă în determinarea căderii de tensiune limită. Probleme auxiliare pot fi: sau determinarea creşterilor de tensiune admisibile produse de transformatorii coborîtori şi survoltori, sau determinarea distanţei minime admisibile a transformatorului coborîtor.

Pentru obţinerea expresiilor de calcul trebue neapărat să scrim ecuaţiile de variaţie a tensiunii în punctele de constrol A, B, C, D ale reţelei, indicate pe scheme. Ecuaţiile le scriem pentru regimurile minim şi maxim şi obţinem respectiv câte 2 inegalităţi pentru fiecare mărime. Una din ele va fi cea de calcul în funcţie de semn.

Abaterile admisibile, pozitive şi negative, dela tensiune, le notăm prin ΔU^I_{ab} şi ΔU^J_{ab}. La consumatori sunt normalizate direct abaterile $\pm 6\%$. Introducând în calcul numai reţeaua exterioară, se pot neglija căderile de tensiune, în reţeaua interioară a clădirii în regimul minimal şi să le apreciem la $1-2{,}5\%$ în regimul maximal. In acest caz, se obţine

$$\Delta U^I_{ab} = +6\% \text{ şi } \Delta U^J_{ab} = -(3{,}5-5)\%.$$

Expresiile de calcul pentru toate schemele studiate sunt date în tabela 1.

Instalarea dispozitivelor de reglaj poate fi justificată din punct de vedere tehnic, când există astfel de condiţii: schema b: $\delta U''_T - \delta U'_T \geqslant 5$; schema c: $\delta U_{SI} \geqslant 5-10$; schema d: $\delta U_{SJ} \geqslant 2{,}5-5$.

Tabela 1

Schema	Valoarea de calcul din condițiile regimului minimal	Valoarea de calcul din condițiile regimului maximal
a	$\delta U_T \leq \Delta U^I_{ab} - \delta U'_a + k\,(\Delta U_I\,\Delta U_T$	$\delta U_T \leq \Delta U^I_{ab} - \delta U''_a + \Delta U_I + \Delta U_T$
	$\lambda_t \geq \frac{1}{k}\left(\delta U'_a + \delta U_T - \Delta U^I_{ab}\right) - \Delta U_T$	$\lambda_t \geq U''_a + \delta U_T - \Delta U^I_{ab} - \Delta U_T$
	$\Delta U_1 \leq \frac{1}{k}\left(\delta U'_a + \delta U_T - \Delta U^J_{ab}\right) - \Delta U_T$	$\Delta U_1 \leq \delta U''_a + \delta U_T - \Delta U^I_{ab} - \Delta U_T$
b	$\delta U'_T \leq \Delta U^I_{ab} - \delta U'_T + k\,(\Delta U_I + \Delta U_T)$	$\delta U''_T \leq \Delta U^I_{ab} - \delta U''_a + \Delta U_I + \Delta U_T$
	$\lambda_t \geq \frac{1}{k}\left(\delta U'_a + \delta U'_T - \Delta U^I_{ab}\right) - \Delta U_T$	$\lambda_t \geq \delta U''_a + \delta U''_T - \Delta U^I_{ab} - \Delta U_T$
		$\Delta U_1 \leq \delta U''_a + \delta U''_T - \Delta U_T - \Delta U^J_{ab}$
c	$\delta U_T \leq \Delta U_{ab} - \delta U'_a + k\,(\Delta U_I + \Delta U_T)$	$\delta U_{SI} \leq \Delta U^I_{ab} - \delta U''_a - \delta U_T + \Delta U_I + \Delta U_T$
	$\lambda_t \geq \frac{1}{k}\left(\delta U_a + \delta U_T - \Delta U^I_{ab}\right) - \Delta U_T$	$\lambda_t \geq U''_a + \delta U_T + \delta U_{SI} - \Delta U^I_{ab} - \Delta U_T$
		$\Delta U_I \leq \delta U''_a + \delta U_T + \delta U_{SI} - \Delta U^J_{ab} - \Delta U_T$
d	$\delta U_T \leq \Delta U_{ab} - \delta U'_a + k\,(\Delta U_I + \delta U_T)$	$\delta U_T \leq U^I_{ab} - \delta U''_a - \Delta U_I + \Delta U_T$
	$\lambda_t \geq \frac{1}{k}\left(\delta U'_a + \delta U_I - \Delta U^J_{ab}\right) - \Delta U_T$	$\lambda_t \geq U''_a + \delta U_T + \Delta U^I_{ab} - \Delta U^I_{ab} - \Delta U_T$
	$\delta U_{SI} \leq \Delta U^I_{ab} - \Delta U_T\,k\,(\Delta U_I + \Delta U_T + \Delta U_J)$	$\delta U_{SJ} \leq \Delta U^J_{ab} - \delta U''_a - \delta U_T + \leq U_I + \Lambda U_T + \Delta U_J$
		$\Delta U_1 \leq \delta U''_a + \delta U_T + \delta U_{SJ} - U^J_{ab} - \Delta U_T$

Tabela 2

Valorile căderilor de tensiune limită în procente, în rețelele urbane, întrebuințând transformatori de diverse tipuri

Nr. poziției	$\delta U'_a$	$\delta U''_a$	λ_t	Schema a		Schema b			Schema c		Schema d		
				δU_T	ΔU_1	$\delta U'_T$	$\delta U''_T$	Δ_{U_1}	δU_T	δU_{SI}	δU_T	δU_{SI}	ΔU_1
1	+ 7,5	+ 2,5	4	0	5,5	0	5	10,5	0 5	10,5	—	—	—
				0	5,5	0	5	10,5	0 5	5,5	—	—	—
2			4,5	5	8	—	—	—	— —	—	5	2,5	10,5
3			0										
4	0	0	2	5	8	5	10	13	5 5	13	5	2,5	10,5
5			7	5	8	5	10	13	5 10	18	5	2,5	10,5
6			0	0	8	—	—	—	— —	—	0	7,5	15.5
7	0	+ 5	2	5	13	—	—	—	— —	—	5	5	18
8			7	5	13	5	10	18	5 5	18	5	5	18
9			2	0	13	—	—	—	— —	—	0	10	23
10	0	+ 10	7	5	18	—	—	—	— —	—	5	5	23
11			12	5	18	5	10	23	5 5	23	5	5	23

Autotransformatorul trebue să fie cuplat în schemă în așa fel încât să dea un defazaj de 60°.
Creșterile de 7,5 și 10% pot fi obținute prin cuplarea în cascadă a două unități de 5 și 2,5%.

In tabela 2 sunt indicate valorile numerice ale căderilor de tensiune admisibile pentru reţelele urbane, în cazul întrebuinţării transformatorilor reglabili de diverse tipuri. La alcătuirea tabelului s'au admis :

$$\Delta U_T = 2\% ; \; k = 0{,}25 ; \; \Delta U^I_{ab} = +6\% ;$$

$$\Delta U^J_{ab} = 5\%.$$

Pentru δU_{SI} în tabelă sunt date valorile rotunjite.

Lipsa în tabela 2 a datelor pentru un tip oarecare de reglare, arată că folosirea acelui tip nu este indicată din punct de vedere tehnic.

Analizând datele tabelei 2, se pot trage concluziile :

1. Instalarea transformatorilor reglabili de mare putere în punctul de alimentare a reţelei, duce la variaţia lui ΔU_a şi trebue să asigure reglarea tensiunii în ambele sensuri. Astfel, instalaţia transformatorilor cu limitele de reglaj $\mp 7{,}5\%$ dă posibilitatea de trecere dela condiţiile determinate de poziţia 1 — 2, la condiţiile poziţiei 9—11, în acest caz ΔU_e se măreşte dela 5,5 până la 18%. In reţelele alimentate de centralele electrice comunale, este indicat să se realizeze reglarea în ambele sensuri prin acţionare directă asupra generatorilor.

2. In caz că lipseşte reglarea în ambele sensuri, căderea de tensiune limită reprezintă 5,5—8%. La calculul reţelei pentru căderea de tensiune totală de 12 — 14%, prevăzută de către normele existente, căderea de tensiune la consumatori va depăşi limitele admisibile.

3. In asemenea cazuri se poate obţine un rezultat foarte eficace prin întrebuinţarea transformatorilor reglabili după schemele b şi c.

Când există un reglaj în ambele sensuri, schemele b şi c pot fi întrebuinţate numai pentru distanţe peste 7—12%. In acest caz, instalaţia cea mai eficace este aceea a transformatorilor survoltori de joasă tensiune, fără trepte de reglaj.

Instalarea transformatorilor survoltori fără trepte de reglaj. Creşterile de tensiune admisibile pentru transformatorii fără trepte de reglaj sunt cuprinse în scara 2,5 — 5 — 7,5 — 10%.

Cele mai întrebuinţate vor fi creşterile 2,5—5%. Este indicat în aceste cazuri să se realizeze ambele creşteri într'o singură unitate.

Punctul de instalare al transformatorului survoltor se determină după calcularea tensiunii în reţea, ca punct de valoare minimă admisibil pentru tensiune. Puterea de trecere şi cea proprie a survoltorului, sunt determinate la rândul lor de poziţia punctului de instalare a lui. Pentru linia principală cu sarcină uniform distribuită, pentru aceste mărimi, se obţine :

$$I_s = I_0 \left(1 - \sqrt{\frac{\delta U_{SI}}{\Delta U_{SI}}}\right) : \; S_{SI} =$$

$$= P_0 I_0 \sqrt{\frac{\delta U_{SI}}{\Delta U_{SI}}} ; \; S_{SP} = \delta U_{SI} P_0 I_0 \sqrt{\frac{\delta U_{SI}}{\Delta U_{SI}}}.$$

Eficacitatea economică a instalării transformatorilor survoltori fără trepte, ca şi a transformatorilor reglabili de alte tipuri, depinde de lungimea liniei principale. Pentru aprecierea ei pot servi graficele de tipul celor reprezentate în fig. 3

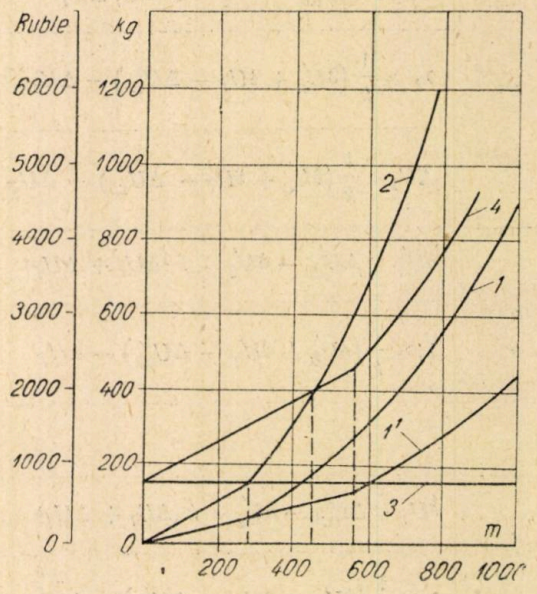


Fig. 3

şi 4. Graficele sunt construite pentru cazul instalării autotransformatorului survoltor, cu o putere proprie de 1000 VA, pentru ridicarea tensiunii cu 5%, într'o linie principală cu o putere de 27 kW şi o tensiune de 380 V. Căderea de tensiune limită fără autotransformatori este dată de 5%. Costul cuprului este luat de 10,75 ruble pe kg, inclusiv surplusul de 25% pentru montaj şi costul celorlalte elemente ale reţelei, care depind de secţiunea conductorilor. Autotransformatorul este evaluat la 800 ruble. La calcularea cheltuelilor anuale, reţinerile pentru reţea şi autotransformator sunt luate 20 şi 15%, costul energiei pierdute 15 copeici pe kWh ; timpul pierderilor 1000 h/an şi pierderile maximale în autotransformator 10%, din puterea sa proprie.

Densitatea de curent economică admisă este 2,5 A/mm². Valorile lungimilor critice ale liniei principale pentru pierderile de tensiune 5 şi 10%, au fost respectiv 280 şi 560 m. Pentru lungimi mai mici decât cea critică, s'a presupus construcţia reţelei cu densitate de curent economică pentru lungimi mai mari, calculul s'a făcut după căderile de tensiune. In graficele din fig. 3 se arată variaţia greutăţii conductorilor şi a investiţiilor iniţiale, în graficele din fig. 4 — variaţia cheltuelilor anuale de exploatare. Din grafice se poate constata că economia de greutate de cupru începe pentru lungimi ale liniei principale peste 280 m, pentru investiţiile iniţiale — peste 460 m, — pentru cheltueli de exploatare peste 580 m.

In fig. 4, sunt indicate deasemenea valorile economiei relative în procente.

Folosirea graficelor analoage poate să uşureze simţitor calculele tehnico-economice în legătură cu alegerea metodelor de reglaj.

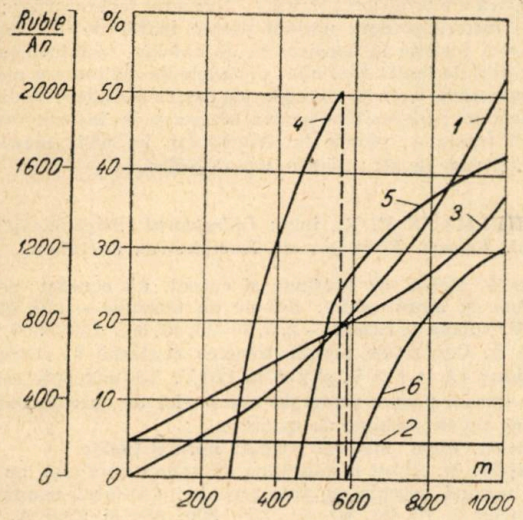


Fig. 4

Concluzii : 1. Reţelele urbane trebue proiectate în general cu o densitate de curent cât mai apropiată de cea economică ; pentru aceasta, căderea de tensiune trebue calculată în funcţie de valorile sale economice şi limită. In particular, pentru reţelele de joasă tensiune ale diverselor puncte de transformare (printre altele)trebue să admitem valori diverse pentru căderea de tensiune în funcţie de distanţa lor de la punctul de alimentare.

2. Transformatorii reglabili urmează să fie folosiţi atunci când lungimea liniei principale de joasă tensiune depăşeşte 500 m, ceea ce se întâlneşte de obicei în reţelele oraşelor mici. In regiunile centrale ale marilor oraşe, pentru sarcini mari pe unitate de lungime şi pentru lungimi relativ mici ale liniilor principale, construcţia acestora din urmă, cu densitate de curent economică este posibilă de regulă, fără întrebuinţarea dispozitivelor auxiliare de reglaj.

3. Instalarea transformatorilor reglabili de mare putere, este întotdeauna indicată atunci când se urmăreşte realizarea reglării în ambele sensuri în punctele de alimentare ale reţelei. Când este necesar, ei pot fi completaţi cu autotransformatori survoltori fără trepte de reglaj.

4. In lipsa unei reglări în ambele sensuri, este necesar să instalăm transformatori survoltori de înaltă tensiune pe liniile care alimentează punctele de plecare a feederilor reţelei. Se presupune că o astfel de instalaţie va fi mai economică decât aceea a unui număr mai mare de transformatori mici de reţea prevăzuţi cu trepte de reglaj.

5. Când există un reglaj în ambele sensuri, este indicat să se instaleze autotransformatori survoltori fără trepte de reglaj.

6. Intrebuinţarea dispozitivelor de reglaj va duce la mărirea puterii optime a punctelor de transformare, ceea ce va face posibilă micşorarea investiţiilor pentru transformatori şi aparataj şi folosirea transformatorilor cu randament mai ridicat, uşurându-se în acelaşi timp condiţiile reţelelor.

Bibliografie:

1. Prescripţii asupra proiectării reţelei electrice urbane trifazate. Gosenergoizdat, 1940.

2. *Antonov A. I., Lebedev M. B.* : Reglarea tensiunii transformatorilor de distribuţie sub sarcină. Gosernegoizdat, 1940.

3. *Holmski G. B.* : Prima sesiune tehnică unională asupra reţelelor electrice urbane. Rapoarte, ed. II, 1948.

4. Regulile de construcţie ale instalaţiilor electrotehnice de curenţi tari (Norme de proiectare a sistemelor electrice). Gosenergoizdat, 1947.

5. Despre densităţile economice de curent pentru cablurile de forţă de tensiune, 3 — 6,00 kV. El. Stanţii, 6,(1948),54.

★

NOTE • RECENZII

CILIKIN M. G.: *Curs general de acţionări electrice.* Moscova — Leningrad, Gosenergoizdat, 1951.

O lucrare destinată studenţilor şi inginerilor care se specializează în domeniul maşinilor electrice, aparatelor electrice, instalaţiilor electrice, echipamentului electric de avioane, maşinilor şi tractoarelor. Cuprinde următoarele capitole: Noţiuni generale; caracteristicile mecanice ale acţionării electrice; reglarea vitezei acţionărilor electrice; regimuri de tranziţie la acţionarele electrice şi diagrame de sarcină; alegerea puterii motoarelor electrice; comanda acţionării electrice, schemele pentru comanda acţionării electrice; rotirea sincronă, transmisia sincronă şi transmisia cu reproducere.

STRAUF E. A.: *Electricitatea şi magnetismul.* Moscova — Leningrad, 1950.

O lucrare preţioasă necesară pentru cunoaşterea fenomenelor magnetice şi electrice din care se poate constata marele aport adus de ştiinţa sovietică în domeniul electricităţii. Cuprinde următoarele capitole: Câmpul electric; conductorii; capacitatea electrică; energia electrostatică; aparatele şi măsurile electrostatice; atomicitatea electricităţii; dielectricele; aparatele şi metodele de măsurare; mecanismul conductibilităţii electrice; emisia termoionică; conductibilitatea ionică a corpurilor solide şi lichide; conductibilitatea gazelor; câmpul magnetic al curentului electric; forţele electrodinamice; mişcarea electronilor şi ionilor într un câmp magnetic; inducţia electromagnetică; legile fundamentale ale fenomenelor electromagnetice şi sistemele de unităţi; curentul alternativ; oscilaţiile şi undele electromagnetice.

LEBEDEV M. V.: *Montarea utilajului electric în construcţia minelor.* Partea I-a. Moscova, Ugletehizdat, 1950.

Tratează montarea cablurilor de înaltă tensiune şi dă indicaţiuni practice asupra instalaţiilor electrice subterane de iluminat. Are următoarele capitole: Noţiuni fundamentale de electrotehnică; elemente de desen tehnic; aparate pentru măsurat electricitatea; elemente de lăcătuşerie; instalarea reţelei de cabluri în mină; montarea aparatelor de înaltă tensiune în mină; instalarea luminatului electric în mină; efectuarea punerilor la pământ în lucrările subterane; organizarea muncii şi a locului de muncă; condiţiile puse de tehnica securităţii la montarea utilajului şi reţelei electrice.

Lucrarea este un preţios instrument în vederea pregătirii tehnice a electromontorilor.

BUNEA V., MODORAN I.: *Bobinajul maşinilor electrice normale, anormale şi speciale.* Bucureşti, Editura Tehnică, 1950.

Lucrarea întocmită de aceşti autori pune la dispoziţia lucrătorilor care urmează să dobândească o înaltă calificare în domeniul lucrărilor de bobinare şi rebobinare un material preţios de cunoştinţe teoretice şi practice.

Dă noţiuni asupra câmpului şi condiţiilor de lucru. Crestăturile statorului şi rotorului. Plasarea corectă în spaţiul disponibil a bobinelor prescrise de schema de bobinaj. Descrie modul de executare şi încărcare a izolaţiei şi dă noţiuni folositoare asupra factorului de putere a turaţiilor normalizate. Studiază în mod amănunţit bobinajele maşinilor de curent continuu şi a celor de curent alternativ, tipurile de bobinaj, executarea practică, calculul pasului bobinajului în diferite situaţiuni; modificări de bobinaje; bobinaje cu număr variabil de poli. Echilibrarea statică şi dinamică a rotorilor; motoarele mici pentru sculele electrice potrivite.

AFANASIEV V. V.: *Construcţia întreruptorilor de înaltă tensiune de curent alternativ.* Leningrad — Moscova. Gosenergoizdat, 1951.

Problema construcţiei întreruptorilor de înaltă tensiune prezintă o deosebită importanţă în îndeplinirea Planului nostru de electrificare; de aceea lucrarea lui Afanasiev V. V. este bine venită pentru inginerii şi tehnicienii noştri.

Cartea are următorul cuprins: Execuţia separatorilor; execuţia întreruptorilor; noţiuni despre materiale de izolaţie electrică folosite în construcţia aparatelor; izolatorii pentru apărători de înaltă tensiune; metodele de îmbinare a pieselor din materiale izolante organice cu părţile metalice; realizarea contactelor; dispozitive pentru stingerea la întreruptori de înaltă tensiune; piesele întreruptorilor în ulei; piesele întreruptorilor în aer; piesele separatorilor.

GHELMANN E. R., ing.: *Îndreptarul energeticianului de uzină. Releuri.* Promâşlenaia Energhetica, 3 (1951).

Re-61. Releu de tensiune şi curent, un contact normal deschis cu autorevenire. Bobine de tensiune — 110, 220 şi 500 V. Bobine de curent — 2, 5, 10 20, 40, 80, 150, 300, 600, 1500 A. Contactele permit trecerea continuă a curentului continuu 4A la 110 V. şi 2 A la 120 V. Se întrebuinţează în mod special pentru protecţia motoarelor de curent continuu contra ruperii bobinei de excitaţie.

RE-64. Idem, însă un contact normal închis.

RE-71. M. Releu instantaneu de curent maximal, un contact normal deschis cu auto-revenire. Curentul nominal al bobinelor 5, 10, 20, 40, 80, 150, 300, 600 şi 1200 A. Contactele lasă să treacă continuu curentul la 20 A. Puterea de rupere a contactelor în circuitul de curent continuu în sarcina inductivă 2,5 A. (110 V.) şi 1 A. (220 V.).

Re-72 V. Idem, însă un contact normal închis cu revenire.

RE-72 D. Idem, ca şi RE-7a M. însă cu un contact normal închis cu revenire electromagnetică.

RE-100 Releuri de tensiune şi intermediare, de timp şi de curent în diferite execuţii. Bobine de tensiune fără amortizor şi cu amortizor, se execută pentru 12, 24, 55, 110 şi 220 V. Bobine de curent pentru 1, 5, 2, 5, 5, 10, 15, 20, 40, 80, 150, 300 şi 600 A. Timpul de întârziere între limitele 0,25 — 0,9 s.

RE-180. Releuri de timp. In diverse execuţii. Bobine de tensiune cu şi fără amortizor, se execută pentru 48, 110, 220 V. Puterea consumată 30 w.

DT-100. Releuri de curent invers, cu două bobine de curent şi de tensiune. Acţionează asupra bobinei automatului sau contactorului. In diverse execuţii. Bobine de tensiune pentru 50 V. Bobine de curent pentru 6 — 800 A. Contactele releurilor menţionate mai sus (electromagnetice) sunt prevăzute pentru funcţionarea în curent continuu şi alternativ, bobinele pentru alimentarea numai cu curent continuu.

NECRASOV M. M.: *Trecerea conturnării impulsive în arc la liniile de transmisie montate pe suporţi de lemn.* Electricestvo 3 (1951), 7.

La distanţele relativ mari între electrozi potenţialul de aprindere a descărcării cu scântei (tensiunea de aprindere) este tensiunea la care apare descărcarea independentă. Mărimea acesteia depinde de distanţă între electrozi, de forma lor şi de materialul din care sunt confecţionate, de presiunea şi natura gazelor. In funcţie de parametrele circuitului şi de mediul ambiant descărcarea ivită se poate opri sau poate să treacă într'un alt stadiu (descărcare cu arc).

In cazul scăderii tensiunii până la tensiunea de stingere sunt punctele caracteristice ale caracteristicei voltamperice ale descărcării.

In continuare autorul examinează particularităţile trecerii conturnării impulsive în arc, în cazul traversării descărcării prin lemn impregnat şi neimpregnat. Din cele expuse reiese că utilizarea lemnului impregnat nu măreşte numai durata de viaţă a suporţilor dela liniile de transmisie electrică, ci face aceste linii mai rezistente la intemperii.

KALAIOV M. GH.: *Sarcinile calculate ale reţelelor electrice.* Electricestvo, 2 (1951), 84—85.

Autorul articolului ne dă o formulă empirică pentru calculul sarcinei, având avantajul că este simplă şi uşor se poate folosi în practică. Explică în ce măsură calculul sarcinei maxime a grupului de receptori electrici, depinde de regimul de funcţionare şi numărul de receptori electrici; la fel şi de pu-

terea individuală a fiecărui aparat. Această teorie, autorul o demonstrează prin mai multe formule date în text.

Pentru cazul determinării coeficienţilor prin formulale date, în mod practic, autorul analizează formula empirică, pe baza datelor obţinute prin studii.

S'a avut în vedere ca conductorii şi cablurile să nu se încălzească peste limită şi să nu se consume peste măsură metale neferoase. De aceea, această formulă nu se poate recomanda pentru liniile de alimentare cu secţiuni mari.

Avilov-Karnauhov B. N., candidat în ştiinţele tehnice, analizează articolul lui Livşiţ D. S. şi scoate în evidenţă avantajele şi desavantajele teoriei expuse de autor.

NECIAEV C. G.: *Efectul de releu la circuitele cu rezistenţă termică.* Electricestvo, 3 (1951), 53—58.

Rezistenţe termice se numesc rezistenţele generatoare de căldură fabricate din semiconductori. Din categoria semiconductorilor fac parte aproape toţi oxizii metalici şi o serie de sulfizi metalici. Intr'un tabel comparativ sunt arătate caracteristicile principale ale unui număr de semiconductori ce servesc pentru fabricarea termorezistenţelor.

Rezistenţele termice sunt de diferite forme, dimensiuni şi fabricate. Unele din ele se montează în baloane de sticlă, iar altele sunt vacuamatice sau umplute cu gaze.

In articolul de faţă se examinează posibilitatea realizării în condiţiile cunoscute a efectului de releu într'un circuit cu rezistenţe termice, înţelegându-se prin efect de releu mărirea sau micşorarea bruscă a curentului de circuit, însoţită de schimbarea parametrelor elementelor circuitului dat.

Efectul de releu poate fi provocat prin schimbarea: 1. a tensiunii, conectate la bornele circuitului; 2. temperaturii mediului ambiant; 3. coeficientului de cedare de căldură a rezistenţei termice. Se analizează în mod detaliat toate aceste trei cazuri, iar pe urmă se studiază latura calitativă a acestui fenomen şi se arată exemple pentru folosirea efectului de releu la rezolvarea unor probleme de automatică.

IRLAHMAN I. A., LEVIN P. F.: *Dispozitive metalice de distribuţie de 6—10 kW pentru instalare exterioară.* Electricestvo, 3(1951), 66—67.

Până în timpurile de astăzi lipseau în practica construcţiilor dispozitive de distribuţie pentru mai multe linii confecţionate în întregime din metal. Chioşcurile mici de transformatori construite în întregime din metal în multe oraşe din Siberia, după planurile Sibelelectromontajului, au dat rezultate satisfăcătoare în urma funcţionării timp de un an: nu s'a observat niciun refuz în lucrul releurilor şi contoarelor, deasemenea nu au fost avarii şi deconectări a utilajului, din cauză că subcentralele erau confecţionate în întregime din metal şi nu din cărămizi.

In articolul de faţă sunt descrise astfel de dispozitive metalice de distribuţie de 6 — 10 kW formate din organe mari, montate în prealabil în ateliere sau la uzină. In concluzie se arată: avantajele pe care le prezintă aceste dispozitive în comparaţie cu dispozitivele având pereţi din cărămizi. Aceste avantagii sunt:

1. ele nu au nevoe de cantităţi mari şi variate de materiale de construcţie şi de forţă de muncă de diferite specialităţi;
2. ele permit realizarea metodelor rapide şi industriale de executare a lucrărilor de construcţie şi montare;
3. ajută la punerea mai rapidă în exploatare a dispozitivelor electrotehnice;
4. organele şi blocurile dispozitivelor de distribuţie pot fi confecţionate în prealabil, independent de mersul lucrărilor de construcţie;
5. în caz de nevoe aceste dispozitive pot fi montate pe teritoriul întreprinderii fără cheltueli suplimentare.

COROTCOV C.: *O metodă pentru mărirea randamentului ventilatoarelor.* Molocinaia Promâşlenosti, 5 (1951), 41—42.

Autorul articolului descrie metoda pentru reducerea consumului energiei electrice pentru transmisia ventilatoarelor centrifuge şi pentru creşterea productivităţii lor. In fig. 1 sunt trasate caracteristicile ventilatorului „Sirocco" (cu linii subţiri pentru un ventilator obişnuit şi cu linii groase pentru unul reconstruit).

Randamentul static al ventilatorului înainte de reconstrucţie a fost de 35% cu capacitatea maximă de producţie de 55000 m /h, după reconstrucţie, capacitatea maximă a fost de 75000 m /h, iar randamentul static a fost ridicat peste 50%. Economia energiei electrice a fost de 22%. Folosirea ventilatorului reconstruit a mărit deasemenea randamentul cazanelor şi a sporit calcinarea consului.

Reconstrucţia constă în introducerea în interiorul carcasei ventilatorului centrifug (fig. 2) pe întreaga secţiune a carcasei, a unei despărţituri din tablă de 3—5 mm grosime, care elimină vârtejuri de aer în carcasă şi deci eliberează o parte din puterea ventilatorului consumată până acum, pentru învingerea vârtejului.

Această reconstrucţie poate fi cu succes executată la toate ventilatoarele mari ale agregatelor de uscare folosite în industria laptelui.

KOSTENCO M. P.: *Mihail Andreevici Satelen,* Electricestvo, 2 (951), 90—91.

Lucrarea este dedicată celor 85 de ani dela naşterea şi 60 de ani de activitatea ştiinţifică, pedagogică şi socială a lui Mihail Andreevici Satelen.

Autorul descrie în mod amănunţit toată activitatea pe teren ştiinţific, pedagogic şi social a acestui mare savant.

Se constată că M. A. Satelen a luat parte totdeauna la organizarea şi buna reuşită a tuturor congreselor, în care s'au discutat probleme de electrotehnică. Deasemenea el s'a interesat mult de electrificarea industriei şi a ţării.

Autorul, în cuprinsul articolului redă în mod succint toate etapele activităţii lui M. A. Satelen şi funcţiunile ocupate în organizaţiile tehnice.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE U.R.S.S.: *Folosirea lămpilor portative.* Promâşlenia Energhetica, 2 (1950).

Inspectoratul de Stat pentru producţia energetică de pe lângă Ministerul Energiei Electrice din U.R.S.S. publică instrucţiuni privind folosirea lămpilor electrice portative. Acestea pot fi utilizate în următoarele condiţiuni: Pentru alimentarea lămpilor manuale în locuri foarte primejdioase, trebue folosită o tensiune de cel mult 36 V. Alimentarea lămpilor manuale trebue să fie făcute fie prin transformatori portativi de 26/12 V, fie dela reţeaua de tensiune de 36/12 V. Pentru conectarea la reţea, transformatorii portativi trebue să aibă un cablu flexibil de cel mult 1,5 m. La capăt, cablul flexibil trebue să aibă o fişă de contact. Desgolirea cablului în loc de fişă de contact nu este permisă. Fişa trebue să fie astfel fabricată încât să se potrivească numai la curentul nominal pentru care a fost constituită. Corpul transformatorului de joasă tensiune trebue legat cu pământul înainte de conectare la reţea. Izolaţia cablurilor şi a transformatorilor de joasă tensiune trebue verificată cel puţin odată pe lună. Cablul lămpii nu trebue să vină în contact cu alte obiecte şi pe cât posibil să fie atârnat în aer. Lampa portabilă trebue atârnată într'un loc sigur. Transformatorul trebue ţinut într'o ladă specială, bine închisă.

COLINSCHIN B. A., LEVRANSCHI A. B.: *Electroautomatizarea proceselor tehnologice în metalurgie.* Promâşlenaia Energhetica, 3 (1950), 3—6.

La automatizarea complexă a proceselor tehnologice în uzinele metalurgice, se urmăreşte folosirea transmisiilor principale, se coordonează munca dispozitivelor mecanice auxiliare, se obţine continuitatea muncii agregatelor, se uşurează munca mărindu-se productivitatea şi îmbunătăţindu-se calitatea producţiei. Astfel, la Magnitogorsk, prin automatizarea laminorului, s'a micşorat consumul specific de energie electrică şi s'a mărit productivitatea cu 15%. Automatizarea laminorului cere aparate speciale cum sunt: releul de timp cu menţinerea timpului şi cu posibilităţile reglării dela distanţă, releul de calcul, necesar în special laminoarelor reversibile, indicatori formaţi din releuri fotoelectrice, indicatori mecanici şi releuri de presiune.

La uzinele coxo-chimice, se adoptă automatizarea şi autoblocarea nodurilor separate din procesul tehnologic: automatizarea stingerii coxului, automatizarea diferitelor secţii, a pompelor de apă: toate acestea au permis micşorarea numărului de muncitori.

Electrificarea laminoarelor are efect asupra funcționării lor. Datorită stabilirii regimurilor optime de lucru a transmisiunilor electrice cu motoare asincrone, s'au obținut economii foarte mari de energie electrică. Pentru laminoarele continue și semicontinue, reglarea automată a vitesei, afară de mărirea productivității, înlesnește scăderea rebuturilor și îmbunătățirea calității. Mărirea sau micșorarea vitezei depinzând de curentul admis de electromotor, sarcina principală a automatizării transmisiunilor este obținerea de curenți optimi de pornire și de regim a electromotoarelor. Pentru a obține viteza necesară trecerii prin valțurile laminorului la o viteză mare de laminare, este necesară încetinirea forțată a motorului, ceeace este un desavantaj al laminoarelor reversibile. Timpul de frânare trebue redus pe cât posibil, pentru că numai în acest mod se poate micșora timpul la laminoarele reversibile. Automatizarea transmisiunilor duce la micșorarea pauzelor.

Automatizarea în industria grea mai trebue extinsă la trasul țevilor și sârmei, pentru a se reduce consumul de energie.

BROIDO F. N.: *Un microîntreruptor.* Promâșlenia Energhetica, 2 (1950), 14.

In tehnica sovietică se aplică din ce în ce mai mult, în ultima vreme, un microîntreruptor, care înlocuiește dispozitivele speciale de stingere a arcurilor și care poate fi aplicat în montajele electrice de reglare a nivelului și presiunii fluidelor, de semnalizare a situațiilor reale din diferitele dispozitive mecanice.

Microîntreruptorul este fabricat dintr'un material plastic iar contactele sunt de argint și platină sau wolfram. Butonul care stabilește contactul parcurge doar 0,35 mm iar viteza de parcurs este 0,02 secunde. Timpul de întrerupere a contactului este tot de 0,02 secunde. Viteza de acționare a contactului este de 75 mm/s.

Greutatea microîntreruptorului este de 40 g. Aparatul funcționează timp îndelungat în circuitul de curent alternativ de 220 V, 50 Hz și 0,15 A.

SOLOVIEV V. A.: *Din experiența muncii unui atelier de reparații electrice.* Promâșlenaia Energhetica, 2 (1950) 7—8.

In atelierul de reparații electrice al unei uzine, se fac tot felul de bobinări și rebobinări pentru cc și ca. Statorii, rotorii și transformatorii ce vin în subsecție de bobinaj sunt supuși unei serii de operațiuni. In primul rând li se scoate bobinajul vechi. Pentru ca această operație să se facă mai ușor, ei sunt încălziți la 80—90 °C. Spălarea pieselor înainte de bobinare trebue făcută temeinic, fie cu apă de 90— 100 °C fie cu alcool industrial. Accesoriile se spală într'o baie specială care este o soluție de hidroxid ori carbonat de sodiu.

Rebobinarea se face automat cu o mașină, ceeace dă putința de a se folosi șabloane diferite, mărindu-se astfel productivitatea muncii. Inainte de a se lega bobinajele între ele, acestea trec printr'un control, apoi prin încercările prescrise de standardele de stat.

După necesități procesul de impregnare se face fie normal (2 impregnări și 4 vopsiri) fie întărit (5 impregnări și 2 vopsiri). Uscarea se face în camere speciale.

In atelierul despre care este vorba, secția de reparații repară rotorii dela electromotoare mari de 250—500 kW, la o tensiune de 3150—6600 V. și deasemenea ancoșele electromotoarelor de curent continuu.

Se dă o deosebită atenție recuperării firelor din vechile bobinaje. Secția recuperează astfel lunar dela 400—700 kg fir. Bobinajele vechi, scoase de pe rotori, statori și transformatori sunt supuse unor operații amănunțite de curățire și apoi redate spre folosință, după ce au fost controlate.

ASKINAZI M. B.: *Metoda electromecanică de tăere a metalelor în timpul strunjirii fine.* Promâșlennaia Energhetica; 10 (1950), 9.

Autorul împreună cu un colectiv de tehnologi, maiștri și strungarii raționalizatori, a elaborat și introdus o metodă electromecanică de tăere a metalelor.

La baza procesului de tăere electromecanică stă principiul de folosire a două surse de căldură cari acționează simultan: 1) Căldura, formată în urma deformării și frecării rezultate în timpul îndepărtării șpanului, 2) Căldura suplimentară, produsă de curentul electric în zona de tăere.

Metoda electromecanică a încălzirii suplimentare a metalului determină creșterea durității și a finețiipiesei ce se prelucrează.

Se dau detalii interesante de ex. pentru cazul că un curent de mare intensitate (0,5 kW) și de mică tensiune (câțiva volți) trece prin locul de contact al cuțitului cu șpanul și piesă.

In timpul ridicării fine a șpanului, marea majoritate a căldurii suplimentare va fi degajată pe porțiunea circuitului cu rezistența cea mai mare, în locul contactului dintre cuțit și piesă, deoarece atât piesa cât și suportul cuțitului au o secțiune suficient de mare pentru a avea o rezistență mică.

Cuțitul are răcire interioară ceea ce asigură o intensă îndepărtare a căldurii dela vârful cuțitului, se mărește astfel stabilitatea lamei tăetoare și se esclude posibilitatea dilatării suportului; aceasta se face din alamă sau alt metal neferos pentru o mai bună conductibilitate termică și electrică.

Pentru o mai mare precizie a prelucrării, pentru un mai mic uzaj radial și pentru o suprafață minim necesară a contactului dintre cuțit, piesă și șpan, cuțitul are o formă geometrică adecvată. Experiența arătând că în toate cazurile de prelucrare prin metoda electromecanică are loc creșterea durității pieselor prelucrate, această metodă este aplicată cu mari avantaje la prelucrarea diferiților arbori unde finețea de șlefuire și duritatea mărită a suprafeței contribue la creșterea rezistenței la uzură.

Experiențele multiple făcute în Uzina Kirov, au stabilit că metoda electromecanică de tăere a metalului este mult mai eficientă și mai rentabilă în comparație cu tăerea obișnuită, ceea ce va aduce o extensiune largă în industrie.

NETUSIL V. A.: *Despre o corelație elementară la unele câmpuri potențiale simetrice.* Electricestvo, 3 (1951), 58—62.

Una dintre problemele practice cele mai importante în strânsă legătură cu calcularea câmpurilor potențiale este determinarea raportului între diferența de potențial între două suprafețe echipotențiale și fluxul limitat printr'o suprafață oarecare.

In câmpul electric raportul acesta determină capacitatea sau rezistența, în câmpul magnetic — rezistența magnetică, iar în câmpurile termic și hidrodinamic — rezistența termică și hidrodinamică.

La câmpurile plane paralele raportul acesta se exprimă sub forma câtului rezultat din împărțirea diferenței de potențial cu diferența funcțiunilor fluxurilor.

In baza reprezentărilor simetriei se deduce o expresie care permite determinarea rezistenței sau a capacității unor porțiuni din câmpurile potențiale plane și paralele, care posedă simetria funcției potențiale și a funcției fluxului la limită. Se arată aplicarea acestei expresii în câteva cazuri speciale, importante din punct de vedere practic.

Exemplele examinate sunt aplicabile în aceeași măsură pentru câmpurile electrice, magnetice, termice și alte câmpuri potențiale.

HOLAVSCHII B. G., GREINER K. L., BULGACOV E. V.: *Proiectul GOST. Aparate electrice de înaltă tensiune, Clasificare și terminologie.* Electricestvo, 3(1951), 68—71.

Se expune în continuare proiectul standardului „Aparate electrice de înaltă tensiune". Clasificarea și terminologia a cărei publicare a început în Nr. 1 al revistei „Electricestvo", pag. 67. Articolul de față cuprinde următoarele capitole:

B. Elementele fundamentale ale aparatelor de înaltă tensiune.

3. Elementele izolației.

4. Mecanismele de acționare a elementelor principale și auxiliare și aparatura auxiliară.

C. Datele generale și caracteristicile fundamentale, ce se referă la aparatele de înaltă tensiune.

1. Termeni generali.

2. Caracteristica izolației aparatelor de înaltă tensiune.

3. Caracteristica încălzirii în cazul lucrului îndelungat.

4. Caracteristicile stabilității aparatelor de înaltă tensiune la curenți transversali în scurt circuit și caracteristicile posibilităților de anclanșare și declanșare a aparatelor de comutare de înaltă tensiune.

5. Caracteristicile mecanice ale aparatelor de comutare de înaltă tensiune.

6. Caracteristicile speciale ale diferitelor tipuri de aparate de înaltă tensiune.

REZUMAT DIN „IZVESTIA ACADEMII NAUC" SSSR: *Studiul arcului de sudură de mare putere într'un mediu gazos de protecţie.* Electricestvo, 3 (1951), 75.

Mediul gazos de protecţie, poate fi folosit la sudura prin arc electric atunci când metalul ce urmează a fi adăugat nu este în acelaşi timp şi unul din electrozii arcului de sudură. In acest caz, protecţia de sgură a băii de sudură împotriva oxidării şi nitrării sub influenţa aerului se înlocuieşte cu protecţia gazoasă.

In lucrarea de faţă se studiază în mod comparativ proprietăţile hidrogenului, argonului şi a amestecului acestor gaze cu medii gazoase de protecţie, din punctul de vedere al influenţei lor asupra caracteristicilor electrice ale descărcării în arc de putere mare (200 — 1000 A).

TER-OGANISIAN I. M.: *Metoda de încercare a punerii la nul a instalaţiilor electrice de forţă fără deconectarea dela reţea.* Promâşlennaia Energhetica, 3(1951), 7—11.

Conform „Regulamentului", un sistem practic de punere la nul trebue să aibă următoarele caracteristici: la un scurt circuit între fază şi nul, în orice punct al reţelei, curentul de scurt circuit trebue să fie de scurtă durată, adică, trebue să fie realizată topirea sigură a fuzibilului în locul cel mai apropiat de unde s'a produs efectul.

Metodele de încercare a protecţiei prin punere la nul se reduc la determinarea practică a rezistenţei curentului de atingere la corp a unei faze şi la comparaţia valorii acestei rezistenţe cu cea necesară arderii sigure a fuzibilului.

Caracteristica metodelor folosite în mod obişnuit pentru determinarea rezistenţei: *a*) Metoda prin deconectarea conductei de alimentare. Se deconectează conducta la care este branşat consumatorul de curent. Cele trei faze de alimentare la consumator supuse încercării sunt legate în scurt şi se leagă toate la corp. După aceea, una dintre faze se leagă prin rezistenţa la bara de tensiune sau direct printr'o sursă de tensiune coborîtoare şi astfel se stabileşte rezistenţa. Metoda este simplă însă prezintă o serie de lipsuri.

b) Metoda veche fără deconectarea conductei de alimentare, constă în punerea sub curent a uneia dintre faze a consumatorului supus încercării. Se leagă această fază la corp, mai întâi prin rezistenţa activă apoi prin rezistenţa reactivă. Cu toate că în această metodă conducta de alimentare nu se deconectează, rezultatele nu sunt precise şi această metodă mai prezintă şi alte lipsuri.

c) Metoda propusă de autor înlătură aproape toate lipsurile celor două metode de mai sus. După această metodă, una dintre fazele consumatorului supus încercării se leagă la corp printr'o rezistenţă adiţională oarecare Zd, se măsoară printr'un ampermetru curentul de trecere Id. Tensiunea măsurată de voltmetru reprezintă valoarea vectorului ΔU_n a căderii de tensiune în buclă, adică pe rezistenţa U_n, la trecerea curentului prin această rezistenţă.

Rezistenţa căutată a buclei se determină:

$$Z_n = \frac{\Delta U_n}{I_d}$$

iar

$$I_d Z_n = U_A - U_{A I_d}$$

în care: $U_{A I_d}$ — tensiunea între fază şi corp când rezistenţa Z_d este conectată.

Valoarea acestei diferenţe de tensiune nu se poate determina direct, pentrucă atunci când avem una din tensiuni, lipseşte alta.

Această problemă poate fi rezolvată aplicând o tensiune auxiliară, care la conectarea rezistenţei suplimentare Z_d ar păstra valoarea ei.

Ca tensiune auxiliară, autorul propune folosirea tensiunii liniare aplicată într'un circuit al celor două faze neîncărcate, transformate într'un mod corespunzător.

Autorul arată că într'un sistem simetric a tensiunilor această tensiune este

$$U_{BC} = -j\sqrt{3}\,U_A$$

în care U_{BC} este tensiunea între fazele care nu sunt afectate de scurt circuit. Din ecuaţie rezultă că pentru înlocuirea vectorului tensiunii fazei A printr'un vector de tensiune liniară a celorlalte două faze trebue să-l reducem cu $\sqrt{3}$ şi să-l întoarcem cu unghiul $\frac{\pi}{2}$. Astfel se realizează transformarea vectorului tensiunii liniare.

In reţelele uzinelor există o oarecare asimetrie a tensiunilor. In acest caz circuitul de mai sus urmează să fie altfel acordat. Autorul arată că transformarea vectorului liniar U_{BC} se reduce la multiplicarea acestuia cu un operator

$$p = \frac{1}{-j\sqrt{3}\,(1-k)}$$

unde $k = f(j)$.

Autorul mai descrie un sistem de reglare a circuitului de transformare în legătură cu caracterul diferit al asimetriilor. Metoda arătată nu cere deconectarea conductei de alimentare şi nici a consumatorului supus încercării.

GRODNEV I. I.: *Cabluri de legătură.* Electricestvo, 2 (1951), 94—95.

Cartea cuprinde bazele teoriei cablurilor de telecomunicaţii, principiile calculului lor electric şi de construcţie. Deasemenea fabricaţia tehnologică a cablurilor simetrice şi coaxiale de telecomunicaţii. Cartea cuprinde un bogat material experimental, cu multe grafice.

Autorii furnizează un număr important de date, asupra cablurilor de telecomunicaţii, întrebuinţate astăzi, ceea ce o face foarte folositoare pentru proiectanţi şi personalul de exploatare a conductelor principale ale cablurilor.

Cartea este împărţită în 10 capitole. Cu toate că în carte nu sunj lămurite toate problemele unor asemenea cabluri, ea totuşi reprezintă un deosebit interes în construcţia cablurilor şi poate fi folosită ca manual, studenţilor din Institutele tehnice.

(***) *Pentru o continuă ameliorare a siguranţei şi economiei în furnizarea de energie.* Promâşlennaia Energhetica, 3 (1951), 1—4.

Urmând exemplul Lidiei Korabelnicova, a pornit mişcarea în mase pentru economii de materii prime şi de materiale. Aplicarea la timp a măsurilor tehnico-organizatorice, desvoltarea întrecerilor socialiste în vederea de economie de energie în mii de întreprinderi mari şi mici, industriale şi de transport, oferă o bază sigură pentru ca nivelul general al economiei consumului de energie să crească.

Paralel trebue întărită munca pentru asigurarea aprovizionării cu energie a întreprinderilor fără întrerupere, îndeplinirea planului de construcţii noi, mobilizarea la maximum a resurselor, folosirea cât mai bună a tuturor rezervelor cât şi aşa ziselor rezerve energetice secundare.

Ca rezultat al muncii continue şi sistematice pentru îmbunătăţirea instalaţiilor energetice, s'au redus întreruperile în funcţionarea utilajului, s'au făcut progrese în aprovizionarea cu energie a industriei şi transportului şi s'au ameliorat simţitor indicii tehnico-economici ai energeticei industriale.

De o importanţă însemnată este munca ce se duce pentru delimitarea răspunderilor între abonaţi şi furnizorii de energie, perfecţionarea măsurilor profilactice-planificate pentru repararea utilajului energetic, descoperirea şi lichidarea la timp a focarului de avarii.

Un rol organizatoric excepţional îl au „Regulamentele exploatării tehnice a instalaţiilor electrice din întreprinderile industriale".

Actualmente, în legătură cu difuzarea celei de a doua ediţii a „Regulamentelor" trebue să fie şi mai mult întărită munca de studiere a acestora şi aplicarea lor, fiind o premiză sigură pentru progresul tehnicei energetice.

Articolul citează o serie de abateri, demonstrând pe baza de exemple, necesitatea lichidării focarelor de avarii şi stricta aplicare a legilor de bază a energeticei industriale.

Salariaţii din întreprinderile energetice trebue să stabilească limitele precise de exploatare a substaţiilor de transformatori şi a reţelelor de transport, să cerceteze starea tehnică a acestora, să pună la punct relee de protecţie, să execute măsurile profilactice de încercarea cablurilor, izolamentului, utilajului, verificarea pământărilor şi a legărilor la nul.

În această perioadă trebue — mai mult ca oricând — verificate proiectele tehnice a construcţiilor noi şi cele pentru reconstrucţii. O atenţie deosebită trebue acordată aplicării sistemelor mai noi şi mai perfecţionate, care să asigure aprovizionarea fără întreruperi cu energie electrică, pierderi mai mici în reţele şi un regim mai bun al tensiunii, cu minimum de consum de material, utilaj şi mijloace băneşti.

Recepţia construcţiilor trebue deasemenea făcută în mod strict, neadmiţându-se nici un fel de abateri care ar putea să influenţeze defavorabil exploatarea lor normală.

Un rol decisiv îl joacă în asigurarea alimentării fără întreruperi, reparaţiile făcute la timp şi de bună calitate a tuturor nodurilor şi verigelor instalaţiilor energetice.

Se desfăşoară o mişcare în masă pentru aplicarea noilor metode rapide de accelerarea timpilor de reparaţie, de eftinirea costului, de prelungirea duratei între reparaţii şi de efectuarea acestora fără oprirea producţiei. In acest sens se introduce o tehnică şi tehnologie nouă pentru reparaţiuni, în scopul modernizării complete a proceselor grele.

Rezultatele aplicării metodelor de reparaţii rapide la Centralele electrice au fost descrise într'o culegere de articole şi desbătute la consfătuirile unionale pentru schimbul de experienţe. Eficacitatea lor se confirmă prin următoarele date: scurtarea termenelor până la 25% şi în unele cazuri până la 50%, reducerea preţului de cost, îmbunătăţirea calităţii reparaţiilor şi ameliorarea indicilor energetici.

Nu încape îndoială că aceste metode noi vor căpăta o întrebuinţare largă în instalaţiile energetice din întreprinderile industriale. Rezolvarea cu succes a acestor probleme cere colaborarea tuturor savanţilor, inginerilor, economiştilor, practicienilor, etc.

NICOLAEV G. E.: *Instalaţia de screper pentru curăţirea eleşteurilor.* Saharanaia Promâşlennosti, 4 (1951), 38—39.

Pentru curăţirea eleşteurilor de nămol şi alge, fabrica de zahăr din Velico-Octeabrie, a folosit o instalaţie cu cupe (screper) de construcţia următoare:

Troliul unui tractor a fost înlocuit cu o roată de transmisie care pune în mişcare un generator de 40 kWt.

Instalaţia de curăţire propriu zisă, se compune dintr'un troliu de cursă activă, un troliu de cursă moartă şi cupe cu cabluri. Troliul de cursă activă, având efortul de tracţiune de 1000 kg şi viteza cablului de 10/m/min, este pus în mişcare de un electromotor de 16 kWt. Cupa de fier de 6 mm are capacitatea de 0,8 m .

O uzină electrică de 40 kWt putere poate acţiona simultan două instalaţii de curăţire cu cupe. In acest caz, cablul dela troliu trece printr'o rotiţă de ancoraj, care se fixează cu ajutorul cablurilor de două ancore.

Intre mal şi troliurile de cursă activă, trebue să fie rezervat un spaţiu suficient pentru descărcarea cupei.

Instalaţia compusă din 2 cupe este deservită de 7 oameni; şeful echipei, un tractorist, doi mecanici şi 3 muncitori.

KAZANSKII E. V., STERNINSON L. D.: *Regulatorul automat de frecvenţă cu acţiune continuă.* Electricestvo, 4 (1951), 16 — 19.

In articolul de faţă autorii descriu un regulator automat de frecvenţă cu acţiune continuă, întrebuinţat actualmente în energosisteme.

Deasemenea, sunt date rezultatele încercărilor acestui fel de regulator în diferite energosisteme.

Autorii fac comparaţie între regulatorii de frecvenţă cu acţiune prin impuls şi cele automate cu acţiune continuă, elaborate, fabricate şi experimentate în exploatare la centralele din U.R.S.S. El enumeră un şir de avantaje a celor din urmă faţă de primele.

In cuprinsul articolului se dă o schemă principială a regulatorului automat de frecvenţă. Una din cerinţele principale pe care trebue să le satisfacă un regulator automat de frecvenţă cu acţiune continuă este stabilitatea reglajului — independenţa frecvenţei de variaţiile tensiunei alimentare şi a temperaturii ambiante.

Autorii descriu cum s'a comportat regulatorul la verificarea în timpul exploatării, dând în text şi câteva curbe, din care una reprezintă caracteristica frecvenţei regulatorului iar celelalte oscilogramele procesului de variaţie a frecvenţei.

Se atrage atenţia asupra necesităţii de a acorda regulatorul pentru un proces aperiodic de reglare. Sunt comparate rezultatele de determinare a coeficientului respectiv de amplificarea sistemului de reglare, rezultate obţinute pe baze de calcule şi experienţe.

In concluzie, autorul analizează destul de amănunţit procesul de reglare a frecvenţei în sistemele energetice, care au diferite condiţii de lucru.

REVISTA REVISTELOR

ELECTRICITATEA
(Electricestvo) 8 (1951)

Scrisoarea adresată tovarăşul I. V. Stalin de către muncitorii, inginerii, tehnicienii şi funcţionarii uzinelor electrice şi reţelelor din sistemul energetic din Moscova pendinte de Ministerul Uzinelor Electrice. *Polivanov K. M., Netuzil A. V., Burdac N. M.* şi *Cuzmenco L. V.*: Utilizarea acţiunii electro-osmotice în construcţiile hidrotehnice. *Veniacov V. A.* şi *Ivanov — Smolenskii A. V.*: Generator sincron pentru modelarea dinamică a sistemelor electrice. *Podolner A. B., Aldjalov G. K., Crestnicov S. V., Crâlov V. P.* şi *Feldman S. G.*: Autotransformatori cu reglarea lină a tensiunii. *Fabricant V. L.* şi *Grek G. T.*: determinarea parametrilor optimi la transformatori de curent pentru apărarea prin relee. *Ujov V. N.*: Despre tipurile noi de agregate electrice naţionale pentru alimentarea electrofiltrelor. *Sturman L. I.* şi *Zalotarev O. I.*: Determinarea randamentului şi a cos φ la motoare asincrone în cazul sarcinei variabile incontinuu. *Postnicov I. M.* şi *Vajnov A. I.*: Momentul electromagnetic al unei maşini sincrone în cazul unor vibrări reduse. *Anasov I. I.*: Manşoane asincrone în cazul unor vibrări reduse. *Anasov I. I.*: Manşoane asincrone de lunecare. *Borisov V. A.*: Caracteristicile de reglare ale unui motor amplificator pentru maşini electrice. *Bogaliubov V. E.*: Calculul vibraţiilor quasi-relaxatoare în circuitele de rezonanţă din fier cu drosele de saturaţie. *Mihailova E. K.*: Divizor cu bobina de şoc pentru măsurarea curenţilor continui tari şi a rezistenţelor reduse. *Fuerstenberg A. I.*: Metoda simplă pentru măsurarea independentă a capacităţii. *Bogatâriov O. M.*: Determinarea constantelor de integrare la rezolvarea ecuaţiei diferenţiale de grad înalt. Din experienţa lucrului. *Chicolevici N. A.*: Calcule simplificate ale momentelor de pornire şi ale celor maximale la electromotoarele în scurt circuit, alimentate dela o reţea de mică putere. Insemnări şi scrisori. Despre notările în egalităţile simbolice şi operative. Cu privire la notările simbolice. Prin paginile revistelor tehnice. Cazane electrice mobile pentru termoficare. Despre eficacitatea transformării motorului unui burghiu electric manual pentru mine, la un curent de frecvenţă mărită. Reducerea erorilor la transformatorul de curent — Girobus. Apărarea contra supratensiunilor la echipamentul electric care se branşează la linii aeriene prin intercalări de cabluri. Fixotropia comandată electric. Cronica. Consfătuirea energeticilor din industria petroliferă. Bibliografie. *Cvaşnin V. S.*: Cartea lui I. V. Koriţkii „Fabricarea materialelor electroizolatoare din mică". *Soştiin N. A.*: Cartea lui M. O. Camenţkii: Primele uzini electrice ruseşti. — Noile cărţi de electricitate, electrotehnică şi electroenergetică. — Nomograma pentru determinarea suprafeţii prizelor de pământ tubulare, pe baza condiţiilor de rezistenţă termică.

9 (1951)

Gorev A. A. şi *Pireazeva A. I.*: Capacitatea de trecere de impuls a eclatorilor de vilită.

Zaleschin A. M.: Incercarea întreruptorului cu aer VV-110 pentru 110 kW 2500 mgw la puterea de decuplare până la 3000 mgw.

Cernin A. B.: Intrebuinţarea organelor selective de compensaţie la o rezistenţă totală pentru alegerea fazei avariate.

Adont G. T.: Teoria regimelor complicate asimetrice ale sistemelor electrice.

Cecet I. S.: Schema de înlocuire a motorului de curent continuu cu excitaţie în derivaţie.

Sâromeatnicov I. A.: Funcţionarea motorului asincron la o nouă conectare a bobinajelor statorului dela triunghiu la stea.

Sturman G. I.: Colivii decuplate în motoare asincrone în scurtcircuit.

Plusci B. M., Esibean M. A., Sarchisean V. O. şi *Elbirt M. D.* Pornirea automată a motoarelor electrice la alimentarea prin linia principală.

Rudacov V. V.: Forţarea proceselor de pornire a conductorului după schema generator-motor de curent continuu.

Portnoi M. G şi *Elkino I. M.*: Releul diferenţei de frecvenţe tip de inducţie pentru autosincronizarea generatorului.

Ioriş I. I.: Vibroemiţător cu o gamă mare de frecvenţe.

Cednocov A. D. şi *Ragozin I. D.*: Despre procesele intermediare în circuitul cu capacitate şi rezistenţă.

Merovici E. A.: Calcularea circuitelor nelineare.

Din experienţa de lucru.

Spiridonov V. A.: Câteva reguli pentru consumul electric al minelor de cărbune.

Din istoricul electrotehnicei.

Nemirovschi E. L.: Lucrările inventatorilor ruşi în domeniu galvanotehnicii.

Discuţii.

In legătură cu articolul lui *Sturman G. I.*: Colivii decuplate în motoare asincrone în scurtcircuit, *Arhangelschi N. C. Minin A. A., Cepanov C. A., Molceanov G. V.* In legătură, cu densitatea economică a curentului de *Holmschii V. G.* In legătură cu proiectul de standard „Aparate electrice de înaltă tensiune. Clasificarea şi terminologia", *Tzeverava J. C.* In legătură cu reexaminarea standardelor pentru materiale magnetice şi magnete permanente *Şranicov E. I.*

Spicuiri din reviste tehnice.

Planul de electrificare din România. Experienţa exploatării protecţiei contra trăsnetului a liniilor de transmisie electrică 287,5 kw. Mufele electromagnetice cu praful electromagnetic.

Cronica.

Scrisoarea adresată tov. Stalin de către muncitorii, inginerii tehnicienii şi funcţionarii dela şantierul de construcţie a Uzinei Electrice din Şeşchin. Academicianul Al. G. Berg în legătură cu decernarea medaliei de aur „A. S. Popov" Conferinţa în legătură cu protecţia releurilor. Comemorarea academicianului B. E. Vedeneev (5 ani dela moarte).

Bibliografie.

Drozdovscaia I. S.: Periodicele electrotehnice ruseşti. Cărţi noi de electricitate, electrotehnică şi electroenergetică.

10 (1951)

Popcov V. I.: Generatorul în cascadă cu alimentarea de înaltă frecvenţă a firelor incandescente de kenotroni.

Bessmertnâi I. S.: Metoda de proiectare şi caracteristicile de calcul ale reţelelor electrice comunale.

Solodovnicov G. S.: Armătura de protecţie a liniilor de transmisie electrică de înalt voltaj.

Usicov A. I. şi *Voxer I. H.*: Determinarea avariilor în cabluri prin metode de impuls.

Smirnov V. A.: Determinarea experimentală a parametrelor maşinilor sincrone după curbele de atenuare.

Enico V. V.: Expresia analitică caracteristicii normale a mersului în gol.

Serebner V. I.: Motorul cu curent continuu cu polii crestaţi.

Urnov C. V.: Unele probleme din dinamica transmisiei electrice.

Druţinin N. N. şi *Gurevici A. E.*: Transmisia electrică a laminorilor continui de viteză de laminare la rece.

Derswartz G. V. şi *Smeleanschi M. I.*: Modelare electrodinamică a instalaţiilor electrotermice.

Jonchin P. A.: Schema de substituţie şi diagrama circulară a cuadripolului activ.

Neceaev G. V.: Compensarea de temperatură a elementelor din circuitele electrice.

Crotcov I. N.: Calculul sensibilităţii maxime a circuitelor electrice de măsurat.

Negnevitzchi I. B.: Curbele de magnetizare concomitentă cu câmpul constant şi alternativ a amplificatorului magnetic cu legătura inversă.

Din experienţele muncii.

Osochin M. N.: Metodele de normare a consumului de energie electrică pentru prelucrarea metalelor prin tăiere.

Din istoricul electrotehnicei.

Al VIII-lea Congres Unional pentru electrotehnică. 30 de ani dela chemarea adresată de V. I. Lenin către Congresul al VIII-lea.

Listov P. N.: Incercările plugului electric în cursul 1921. — 30 de ani dela vizitarea de către V. I. Lenin a fermei experimentale a Institului Zootehnic superior din Moscova.

Discuţii.

In legătură cu articolul lui B. A. Iagunov: Principiile principale de standardizare a însemnărilor grafice convenţionale în schemele electrice", de Jumatov A. A. şi Raşcovschi L. G.

Note şi Scrisori.

Despre coeficienţii de asimetrie.

Spicuiri din reviste tehnice.

Electroperforatorul sovietic. Măsurătorul electronic al umidităţii hârtiei şi celulozei. Folosirea acţiunii bactericide a radiaţiunilor ultraviolete pentru desinfectarea apei de băut. Uzini electrice care lucrează cu vapori de proveniență vulcanică. Energetica vântului în străinătate. Aparat pentru măsurarea tensiunii câmpului electric. Termoelement cu convertizor al energiei. Tehnica ionoelectronică a transmisiei electrice.

Cronica.

Comisia pentru istoricul ştiinţelor fizico-matematice, conferinţă în legătură cu energia vântului.

Bibliografie.

Lomonosov V. I.: Cartea lui Neiman L. R. „Indrumător pentru lucrările electromagnetice de laborator".

Crestianov M. E.: Alimentarea cu energie a căilor ferate electrificate".

Aveticov V. C.: Cartea lui Niculin N. V.: Fabricarea izolatorilor de porţelan.

Cărţi noi de electricitate şi electrotehnică.

11 (1951)

Să subordonăm lucrările ştiinţifico-experimentale celor mai importante probleme ale construirii comunismului.

Cracicovschii N. N.: Despre problema rentabilităţii liniilor lungi de transport pentru curent alternativ.

Postnicov I. M.: Constanta universală pentru maşini electrice.

Mihailov Miculinschii M. S.: Generatoare electromagnetice pentru impulsurile periodice cu frecvenţe industriale.

Geiler L. B.: Folosirea motoarelor electrice cu o mare alunecare pentru acţionarea electrică a maşinilor de tăiat metale.

Anosov Iu. I.: Mufe (cuplaje) electromagnetice de frecare.

Nicolschii V. N.: Acţiunea de redresare a arcului unui cuptor trifazic pentru topirea oţelului.

Riabov M. S.: Iluminatul luminescent al clădirilor înalte.

Ioffe V. N.: Influența structurii hârtiei izolante folosită la cabluri asupra constantei ei dielectrice.

Colomiet B. T.: Tipuri industriale de fotorezistențe.

Peretț V. B.: Transformator cu trei bobine pentru măsurarea curentului continuu de mare putere.

Spirin A. A. și *Vecihaizer G. V.*: Măsurarea curenților capacitivi cu punere la pământ monopolară în sistemele cu neutrul izolat.

Nevegin V. C.: Prelucrarea metalelor cu scântei electrice la tensiuni joase.

Din experiența muncii.

Cazanțev I. G.: Din experiența exploatării întreruptorilor anodici cu o funcționare rapidă.

Bogatârev O. M.: Calculul încălzirii conductorilor în cazul scurtcircuitelor.

Din istoricul electrotehnicei.

Hramoi A. V.: Isvoarele automatizării electronice.

Discuții.

Măsuri tarifale în lupta pentru îmbunătățirea cos φ de Sischin O. P.

Pe marginea articolului lui Buli B. C.: „Metoda analitică pentru determinarea rezistențelor magnetice și pierderilor în oțel", de Țuccherman M. L. și Buli B. C. Despre articolul lui Iagunov B. A., „Principiile de bază ale standardizării simbolurilor grafice în scheme electrotehnice" de Iliașov V. P.

Note și Scrisori.

Pe marginea notei lui Cracicovschii N. N.

Pe marginea revistelor tehnice.

Despre proveniența razelor cosmice turbogeneratoare bipolare SUA. Constatarea deteriorărilor bobinajului la încercările cu undă de șoc a transformatorilor. Proiectul transmisiei energiei prin curent continuu 100 kV pe un cablu submarin. Suspensie elastică a firului de contact la trolleybuse și tramvaie.

Cronica.

Concursul pentru obținerea medaliei de aur A. S. Popov, de prof. Orlovschii A. V.

Bibliografie.

Bâstrov A. M.: Despre cartea lui Epaneșnicov M. M. și Socolov M. V.: „Iluminatul electric".

Domanschii B. I.: Despre cartea lui Soloviev I. I. „Automatizarea sistemelor energetice".

Taiț A. A., *Pogarschii V. N.* și *Popov M. D.*: „Agenda unui instalator electrician".

Cărți noi în domeniul electricității, electrotehnicei și electroenergeticei.

Nomograma pentru aducerea unui număr complex la o formă indicatoare.

12 (1951)

Gorev A. A.: Capacitatea de pornire a liniilor de transmisie electrică pe distanțe mari, cu un curent trifazic.

Ichvidov E. S. și *Serbinovschii G. V.*: Despre schemele rețelelor electrice urbane în legătură cu construcțiile de clădiri cu mai multe etaje.

Popeliaș V. N.: Sistemul de alimentație electrică a troleybuzelor cu trei conductori.

Calinin E. V.: Protecția contra supratensiunilor izolației între spire a bobinajelor primare la transformatorii de curent.

Alescerov S. A.: Despre analiza proceselor transitorii în releuri.

Brammer Iu. A.: Metoda energetică de calcul la motoarele sincrone reactive.

Peciorina I. N.: Calculul rezistențelor la pornire a motoarelor electrice.

Volidek A. I.: Influența neuniformității jocului de aer asupra câmpului magnetic a unei mașini asincrone.

Balagurov. V. A.: Tensiunile și curentele unui circuit primar al magnetoului în funcție de regimul acționării circuitului secundar.

Joronov R. A. și *Ponomareva G. F.*: Diagrame circulare la cercetarea circuitelor nelineare.

Carpinschii M. A.: Scheme echivalente a unei surse de piedici impulsive pentru radiorecepție.

Furstenberg A. I.: Folosirea indicatorului diferențial pentru o acordare precisă la rezonanță.

Din experiența muncii.

Eghiazarian V. G.: Influența culorii cu care sunt vopsite armaturile transformatorilor, asupra regimului termic.

Din istoricul electrotehnicei.

Prima uzină hidroelectrică U.R.S.S. La aniversarea a 25 ani a U.H.E. „Lenin" din Volhovsk.

Gusev S. A.: La aniversarea a 75 ani dela invenția transformatorului.

Standarde și norme.

Vislouh L. A.: Un standard nou pentru conductor de contact (de trolleybus).

Discuții.

Reguli de amenajare a instalațiilor electrice, de Chireev M. I., Țveraieva G. C. Despre articolul lui Sturman G. I. „Celule decuplate în motoarele asincrone în scurtcircuit", de Costenco M. P., Volidek A. I. Despre proiectul Gostului „Aparate electrice de mare tensiune. Clasificare și terminologie", de Sinicov V. M.

Pe marginea revistelor tehnice.

Puterea disponibilă a transformatorilor trifazici în încălzirea la regimuri asimetrice. Unele condiții de intensificare a încălzirii dielectrice. Lămpi cu o tensiune supraridicată. Proiectul unui standard nou pentru tensiuni impulsive de încercare pentru transformatori și aparate de înalt voltaj. Manșon cu praf feromagnetic în ulei. Incercările de șantier a unui întrerupător aerian de 220 kW.

Cronica.

Sesiunea științifică despre transmisia electrică în siderurgie. Decorarea Corpului Didactic din Invățământul Superior. Academician Culebachin V. S.

Bibliografie.

Baluev V. C.: Cartea lui Belchind L. D. „Iablocichin L. N., Viața și lucrările sale".

Cărți noi despre electricitate, electrotehnică și electroenergetică.

Indicatorul articolelor din revista „Electricitate" din anul 1951.

Nomograma pentru determinarea unui număr complex invers.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil impersonal, clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare trimise.
   În mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înțelegerii textului. Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. În cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9×12 cm.
   Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
   Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. În textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
   Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
    Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
    Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon (instituție sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

Abonamentele se fac numai prin
Centrul de Difuzare a Presei:

BUCUREȘTI, STRADA CONSTANTIN MILLE, 14 — Telefon: 5.28.90
PROVINCIE: LA SUCURSALELE DIN REȘEDINȚELE REGIUNILOR ȘI RAIOANELOR

Tarif genral: Lei 100 anual

Tehnicieni și ingineri, membrii ai A. S. I. T.: Lei 30 anual

CĂRŢI APĂRUTE IN EDITURA TEHNICĂ

LEXICONUL TEHNIC ROMÂN vol. III, literele I-M,
1115 pagini

MIC DICŢIONAR TEHNIC
470 pagini

A. E. ALEXEEV: „CONSTRUCŢIA MAŞINILOR ELECTRICE"
581 pagini

N. I. BULGACOV: CALCULUL TRANSFORMATORILOR
(traducere din limba rusă)
296 pagini

G. A. TIAGUNOV: TUBURI ELECTRONICE
(traducere din limba rusă)
360 pagini

D. M. TAREEV MATERIALE ELECTROTEHNICE
(traducere din limba rusă)
184 pagini

EDITURA TEHNICĂ

Taxa poştală plătită în numerar conform aprobării Nr. 168.026/946

C. 5.853 — Centrul Poligrafic Nr. , 2. Subunitatea 2.

E 1427

KAT

1472

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELLENŐRIZVE
1958

Országos Műszaki
Könyvtár
TURAJDONA

4-5

PENTRU UZ INTERN

EDITURA TEHNICĂ

1952

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Apr.-Mai 1952 ★ Nr. 4-5 Redacţia: Bucureşti, Episcopiei 2 ★ Tel. 3.57.28, 3.07.30

SUMARUL

	Pag.
1 Mai 1952	1
9 Mai ziua independenţei de Stat a României şi a victoriei asupra fascismului	3
V. Marcu şi Gleb Drăgan: Problema depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene	4
A. Avramescu: Principiile protecţiei contra supratensiunilor atmosferice	11
N. Sinreich: Calculul de rezistenţă mecanică a liniilor electrice de transport	19
G. Moisil: Influenţa apelor asupra dispersiei curentului electric în sol	25
S. Bainglass: Tiratronul industrial	29
S. Condrea şi C. Cruceru: Caracteristicile constructive şi electrice ale cablurilor telefonice	35
L. Fihman: Pile de combustie	40
DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.	
I. I. Greben şi G. N. Neciaiev: Generator parametric fără contacte pentru sisteme de telemăsură impuls-frecvenţă	49
NOTE ŞI STUDII	
Plauţius Andronescu: Cum se explică rotirea unei morişti electrice conectată la unul din polii maşinii de electrizare	52
Şt. Grosu: Fenomene termoelectrice în gaze	53
DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.	54
RECENZII	55

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Мая 1952 г.	1
Девятое Мая — день государственной независимости Румынии	3
В. МАРКУ, инж. и ГЛЕБ ДРАГАН, инж.: Вопрос об образовании изморози на проводах электрических воздушных линий	4
А. АВРАМЕСКУ, др., инж.: Принципы предохранения от атмосферных сверхнапряжений	11
Н. СИНРЕЙХ, инж.: Расчет механического сопротивления линий электропередачи	19
Г. МОИСИЛ, инж.: Влияние воды на дисперсию электрического тока в земле	25
С. БАЙНГЛАСС, инж.: Промышленный тиратрон	29
С. КОНДРЯ, проф. и К. КРУЧЕРУ, инж.: Конструктивные и электрические характеристики телефонных кабелей	35
Л. ФИХМАН: Гальванические элементы сгорания	40
ИЗ ОПЫТА СССР	
И. И. ГРЕБЕН и Г. Н. НЕЧАЕВ: Параметрический безконтактный передатчик для системы телеизмерений с импульсом частоты	49
ЗАМЕТКИ И ОЧЕРКИ	
ПЛАУЦИУС АНДРОНЕСКУ, др., инж.: Как объясняется вращение лопастного колеса соединенного с одним из полюсов электризационной машины	52
ШТЕФАН ГРОСУ, инж.: Параметрический процесс в газах	53
ИЗ ДЕЯТЕЛНОСТИ А.С.И.Т.	54
РЕЦЕНЗИИ	55

ELLENŐRIZVE
1953

1 MAI

Oamenii muncii din țara noastră au întâmpinat ziua de 1 Mai — ziua solidarității internaționale a celor ce muncesc din lumea întreagă — cu noi și însemnate victorii în lupta pentru construirea bazei economice a socialismului în scumpa noastră patrie, pentru bunăstarea celor ce muncesc, pentru pace.

Sărbătorirea celui de al 8-lea 1 Mai liber în țara noastră a fost posibilă datorită victoriilor dobândite de glorioasa Armată Sovietică asupra hoardelor hitleriste și a luptei încununate de succes a partidului nostru, care a chemat întreg poporul la măreața bătălie pentru îndeplinirea înainte de termen a prevederilor primului nostru Plan Cincinal și a Planului de Electrificare a țării.

Cu atât mai dârză și plină de avânt este hotărîrea poporului nostru de a lupta pentru pace și socialism în puternicul front mondial al partizanilor păcii, în fruntea căruia stă glorioasa și invincibila Uniune Sovietică, cu cât uneltirile războinice ale imperialiștilor americani și englezi sunt mai fățișe și mai crude.

După terminarea celui de al doilea război mondial, când popoarele lumii iubitoare de pace își puneau speranța într'o pace trainică, imperialiștii americano-englezi au început politica lor odioasă de pregătire a celui de al treilea măcel mondial, pentru intimidarea întregii omeniri în vederea planurilor lor mârșave de dominație mondială.

Aplicarea faimosului plan Marshall, de înrobire a popoarelor, constituirea pactului războinic al Atlanticului de Nord și deslănțuirea criminalului război împotriva eroicului popor Coreean; „legea Truman pe 1951", pentru „selecționarea și finanțarea trădătorilor și criminalilor", care să slujească ca bande de spioni și teroriști în interiorul țărilor lagărului păcii și socialismului și însfârșit, declanșarea odiosului război bacteriologic și chimic, cea mai neagră și mai josnică crimă din istoria omenirii, împotriva popoarelor Coreei și Chinei de Nord-Est, au atras ura neîmpăcată a întregii omeniri împotriva imperialismului.

Poporul nostru, încrezător în politica consecventă de pace a Uniunii Sovietice, pășește sub conducerea partidului la mărețe înfăptuiri în scopul întăririi economiei noastre naționale și a măririi capacității de apărare a patriei noastre.

Răspunsul tovarășului Stalin, dat unui grup de redactori ai unor ziare americane, care arată cu claritate omenirii că războiul nu este mai aproape astăzi decât acum doi sau trei ani, constitue pentru sutele de milioane de oameni simpli din întreaga lume o armă excepțional de puternică în lupta pentru apărarea și consolidarea păcii.

Entuziasmați de cuvintele înțelepte ale tovarășului Stalin și conduși de partid, muncitorii, inginerii, tehnicienii și funcționarii din fabricile, uzinele și de pe șantierele patriei noastre, au întâmpinat anul acesta ziua de 1 MAI intensificând și mai mult întrecerea socialistă — această minunată metodă comunistă de construire a socialismului — angajându-se de a îndeplini planul de Stat pe acest an, înainte de termen, contribuind astfel la consolidarea succesului reformei bănești.

Pentru asigurarea nevoilor crescânde de energie electrică a economiei noastre naționale în desvoltare, Planul Cincinal prevede construirea de puternice termo și hidrocentrale electrice precum și desvoltarea industriei electrotehnice, prin crearea de noi fabrici de turbogeneratoare, motoare, rețele și aparataj electric.

Aceste importante prevederi sunt aduse la îndeplinire de către zecile și sutele de mii de muncitori, ingineri și tehnicieni din acest sector. Prin străduința lor de zi cu zi, planul anual al producției globale pe 1951 a fost îndeplinit de Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice în proporție de 114,7% realizându-se în sectorul energici electrice o creștere a producției față de 1950 de 117%. Pe primul trimestru al acestui an, planul Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice a fost îndeplinit în proporție de 105,6%.

Datorită ajutorului material și tehnico-științific primit în permanență din partea Uniunii Sovietice, aplicării și îmbunătățirii permanente a metodelor avansate de muncă, a organizării tehnico-administrative, precum și prin inovațiile și raționalizările stahanoviștilor, fruntașilor în producție și tehnicienilor, industria noastră electrotehnică înregistrează în permanență noi succese în îndeplinirea sarcinilor mărețului plan cincinal și ale planului de electrificare.

In regimul nostru de democrație populară s'au creat toate condițiile necesare inginerilor și tehnicienilor pentru a studia și pune în practică cele învățate, astfel încât până în prezent au fost rezolvate principalele probleme care se puneau la baza fabricării de noi produse electrotehnice. Dela începutul planificării economiei noastre naționale și până în prezent, s'au fabricat pentru prima oară în țara noastră: motoare electrice petrolifere; generatori sistem Dick, transformatori, separatori mono și tripolare, amperi și separatori, aparataj pentru ascensor, întrerupă-

toare automate petroliere, centrale de radiofi-care, televorbitoare, motoare asincrone trifazice, motoare de curent continuu, aparataj pentru trolley-buse, aparate de radio tip popular, izolatori de înaltă tensiune, telefoane dispatcher, instalații de semnalizare, contoare monofazice, cuptor încălzire de înaltă frecvență, sârmă email, contoare pentru convorbiri telefonice, cordoane telefonice și cablu greu de plumb cu bandă cauciucată și țesătură metalică de fier zincat.

Aceste produse, care au o deosebită însemnătate în condițiile electrificării țării noastre, vor fi completate în cursul cincinalului cu alte 70 produse noi, printre care: turbogeneratori, aparataj de înaltă tensiune, transformatori de înaltă putere, centrale telefonice de mare capacitate, cuptoare electrice industriale, mașini-unelte electrice etc.

Toate acestea vor servi marilor șantiere ale electrificării, unde munca este în plin avânt.

Odată cu punerea în funcțiune a puternicelor hidro și termocentrale, care sunt în curs de construcție și a construirii noilor linii de transport de energie și a stațiilor de conexiune și transformare, industria noastră socialistă va primi la sfârșitul cincinalului 80% din puterea totală instalată de energie electrică, iar restul va fi întrebuințat în vederea electrificării a 2000 sate, dându-i-se sprijin agriculturii pentru electrificarea în primul rând a S.M.T.-urilor, a gospodăriilor agricole de stat și colective, precum și a ariilor.

In vederea electrificării mediului rural se va stimula deasemenea, inițiativa locală pentru construirea de mici centrale hidro și termo-electrice pe bază de combustibili locali.

Pentru aducerea la îndeplinire a acestor importante sarcini, oamenii muncii din sectorul energetic au desfășurat în cinstea lui 1 Mai tot mai larg steagul întrecerii socialiste. Luând exemplul colectivului Schelei „Sovrompetrol"-Târgoviște — întreprindere distinsă cu drapelul de producție al Consiliului de Miniștri — care prin scrisoarea adresată tov. Gheorghiu-Dej s'a angajat să îndeplinească planul de Stat pe 1952 pe toți indicii, în 11 luni, muncitorii, inginerii, tehnicienii și funcționarii din întreprinderile și de pe șantierele electrificării au luptat pentru creșterea continuă a producției și productivității muncii, atât în ceeace privește cantitatea și calitatea produselor, cât și îndeplinirea planului pe sortimente și reducerea prețului de cost la fiecare operație în parte.

Traducând în practică prevederile Hotărîrii Guvernului și Partidului privind măsurile necesare pentru consolidarea succesului reformei bănești, oamenii muncii din sectorul energetic luptă pentru introducerea pe scară tot mai largă a mecanizării și a metodelor rapide de construcție, pentru permanentizarea și ridicarea la un nivel mai înalt a întrecerii socialiste, astfel ca mișcarea stahanovistă să cuprindă mase tot mai largi de muncitori.

Conștienți că unul din factorii esențiali ai reformei bănești îl constitue creșterea producției industriale, ei luptă pentru introducerea și extinderea organizată a aplicării metodelor înaintate de muncă ale stahanoviștilor sovietici, precum și de examinarea normelor învechite necorespunzătoare, care constitue o frână în creșterea producției și productivității muncii. Cu ajutorul metodelor sovietice, împletite cu inițiativele patriotice ale stahanoviștilor noștri, cum sunt: Cremian Francisc, Nicolae Vasu, Ion Flatz și alții, s'au obținut și se obțin în permanență rezultate concrete în calificarea oamenilor la locul de producție, în economisirea de materiale, valorificarea rezervelor interne ale întreprinderilor, în acțiunea pentru utilizarea complexă a mașinilor-unelte, acțiunea valorificării „lucrurilor mărunte" etc.

Conduși de partid și sprijiniți de organele sindicale în desfășurarea întrecerii socialiste în cinstea zilei de 1 Mai, oamenii muncii din sectorul energetic au participat cu dragoste și entuziasm la lupta pentru îndeplinirea sarcinilor luate cu prilejul acestei mari sărbători, în vederea realizării înainte de termen a planului de Stat pe 1952, pentru consolidarea succesului reformei bănești, pentru ridicarea pe o treaptă mai înaltă a nivelului de trai al celor ce muncesc, pentru o pace trainică și socialism.

---

9 MAI, ZIUA INDEPENDENȚEI DE STAT A ROMÂNIEI ȘI A VICTORIEI ASUPRA FASCISMULUI

La 9 Mai 1952, s'au împlinit 75 de ani de când în Parlamentul român a fost proclamată Independența de Stat a României. Oamenii muncii au sărbătorit cu mult entuziasm acest important eveniment din istoria noastră, realizat prin lupta armatelor ruse și române împotriva imperiului Otoman. In această zi am sărbătorit totodată și a 7-a aniversare a măreței zile a Victoriei Uniunii Sovietice împotriva cotropitorilor hitleriști, care a dat poporului român posibilitatea de a sărbători aniversarea eliberării de sub robia otomană, ca popor cu adevărat liber și independent. Burghezia, moșierimea și slugile lor au căutat zeci de ani să falsifice conținutul evenimentelor din 1877. Până și glorioasa zi de 9 Mai nu s'au sfiit s'o înlocuiască cu ziua de 10 Mai, ziua monarhiei trufașe de Hohenzollern. Publicarea însă a volumului de documente — rezultat al muncii patriotice a istoricilor îndrumați de Partid — a dat o puternică lovitură acestor încercări și constitue o realizare de seamă pe calea cercetărilor pentru întocmirea unei adevărate istorii a poporului nostru. Acest lucru confirmă încă odată, teza marxist-leninistă, că numai clasa muncitoare, clasa cea mai revoluționară și mai înaintată a societății, este în epoca noastră purtătoare consecventă a adevărului. Documentele istorice dovedesc limpede că factorul hotărîtor în cucerirea independenței de Stat de către poporul nostru în 1877, a fost Rusia, forța ei militară, sprijinul frățesc al marelui popor rus. Faptele de netăgăduit ce se desprind din documentele istorice, dovedesc că numai datorită acestui factor, poporul nostru însetat de libertate, dornic de a-și manifesta vitejia strămoșească în lupta împotriva înrobitorilor turci, a putut dejuca uneltirile puterilor apusene, care voiau să-l mențină mai departe în robia turcească, a putut sili pe cârmuitorii de atunci ai României să pășească pe calea războiului drept, de eliberare națională, alături de armatele ruse. La Plevna și în alte lupte ostașii ruși și români au luptat cu înflăcărare și eroism, împotriva cotropitorilor turci, acoperindu-se de glorie. Astfel, s'a pecetluit cu sânge frăția de arme ruso-română. Numai înaintarea trupelor rusești spre Dunăre și avântul de luptă al maselor populare, care au salutat cu nemărginit entuziasm armata rusă eliberatoare, au silit pe cârmuitorii țării de atunci să părăsească politica de „neutralitate", dusă de moșierime și marea majoritate a burgheziei în frunte cu agentul capitalismului străin Carol de Hohenzollern.

Rusia fu singura țară care s'a situat pe o poziție de apărare a poporului nostru și a celorlalte popoare împotriva jugului otoman, asigurând prin acorduri diplomatice, prin ajutor militar direct, independența țării noastre. Rusia a recunoscut de fapt independența țării noastre încă înaintea proclamării acestui act, fapt ce dovedește și marele sprijin politic acordat poporului nostru din partea Rusiei. Dar după ce neatârnarea a fost câștigată pe câmpul de luptă, prin sângele ostașilor ruși și români — ea a fost trădată de către clasele exploatatoare, burghezia și moșierimea, predând-o în ghiarele imperialiștilor occidentali de dincolo și dincoace de Ocean. Aceștia au luat locul pașalelor și beylor turci, strivind independența țării noastre, transformând-o într'o semi-colonie a marelui capital financiar apusean. In timp ce masele populare făceau cele mai mari jertfe pentru cucerirea independenței, coaliția burghezo-moșierească și odioasa monarhie, încheiau cu capitaliștii apuseni târgul pentru vinderea bogățiilor și libertății poporului. Astfel, din primii ani de după 1877, se intensifică pătrunderea capitalului străin în țara noastră, sub formă de împrumutul cămătăresc, de investiții în industrie și întreprinderile bancare. Rând, pe rând, bogățiile țării — petrolul, cărbunii, fierul, industria — trec direct sau indirect în posesia marilor capitaliști din Paris sau Berlin, Londra sau New-York, iar guvernele țării se formau și plecau după cum aveau interese stăpânii occidentali. Marilor capitaliști le-a convenit totdeauna ca țara noastră să fie lipsită de o independență națională, pentru ca astfel să fie exploatată și jefuită în modul cel mai crunt. Infeudarea tot mai adâncă a României față de imperialismul americano-englez era desigur însoțită și de o înăsprire continuă a teroarei și asupririi regimului burghezo-moșieresc asupra poporului nostru care a avut de suferit atât de mult. România burghezo-moșierească fiind legată de capitalul internațional, era atrasă și ea în vâltoarea catastrofalei crize economice din 1929, care a sguduit din temelii întreaga lume capitalistă. Regimul burghezo-moșieresc pentru a ieși din această criză, prin instaurarea fascismului și pe calea deslănțuirii războiului anti-sovietic, recurge totodată și la noi cereri de împrumuturi către imperialiștii americano-anglo-francezi. Astfel, sunt încheiate o serie de afaceri scandaloase, de pe urma cărora imperialiștii străini cât și complicii lor din țară se aleg cu beneficii imense stoarse din munca poporului român, afaceri ce ilustrează până la ce grad de dependență ajunsese țara noastră față de trusturile străine. Astfel, de pildă pentru a obține un împrumut de 2 milioane dolari, statul român concesionează telefoanele unei societăți americane dependentă de Trustul Morgan, precum și o serie de alte afaceri făcute în acest gen. In anii celui de al doilea război mondial clasele exploatatoare au transformat deasemenea țara într'o colonie ocupată de armatele reichului hitlerist, iar poporul român în carne de tun la dispoziția cotropitorilor germani.

Victoria Uniunii Sovietice asupra hitlerismului, la dobândirea căreia au participat, începând dela 23 August 1944 și numeroase Divizii române, a adus poporului nostru eliberarea pentru totdeauna din cătușele imperialismului. Pentru prima oară în istoria sa România a devenit o țară cu adevărat independentă, iar poporul nostru a devenit stăpân pe soarta sa. Victoria de însemnătate mondială a Uniunii Sovietice este indisolubil legată de numele conducătorului poporului sovietic și al oamenilor muncii din întreaga lume, marele stegar, organizatorul și inspiratorul acestei victorii, tovarășul I. V. Stalin.

Cu sprijinul frățesc al eliberatoarei noastre Uniunea Sovietică și sub conducerea înțeleaptă a Partidului Muncitoresc Român, clasa muncitoare aliată cu țărănimea muncitoare, a cucerit puterea de Stat și a obținut succese însemnate pe tărâmul construcției socialiste. Toate acestea au creat condiții fără precedent pentru punerea în valoare a puterii creatoare a poporului nostru, în lupta pentru construirea socialismului, pentru consolidarea și apărarea adevăratei noastre independențe, în lupta măreață pentru Pace, împotriva uneltirilor agresive ale imperialiștilor americani și englezi. Intâmpinând această măreață zi cu remarcabile realizări în muncă, oamenii muncii din Patria noastră își îndreaptă gândul de recunoștință către marea noastră vecină și prietenă, puternica Uniune Sovietică.

PROBLEMA DEPUNERILOR DE CHICIURĂ PE CONDUCTORII LINIILOR ELECTRICE AERIENE

Ing. VASILE MARCU şi *Ing. GLEB DRĂGAN*

Se arată cauzele meteorologice şi fizice care determină natura şi intensitatea depunerilor de chiciură precum şi influenţa caracteristicilor liniei electrice, cum ar fi diametrul şi materialul conductorilor, tensiunea şi orientarea liniei faţă de vânt. In cadrul acestei probleme se dau rezultatele statistice din R. P. R., privind intensitatea, frecvenţa depunerilor şi avariilor produse pe liniile de telecomunicaţii şi de energie electrică.

Printre domeniile de importanţă capitală, în economia naţională, figurează liniile pentru transportul energiei electrice, care în majoritatea cazurilor sunt linii aeriene.

Siguranţa lor de funcţionare este determinată în bună parte, de unele condiţii meteorologice, ca temperatura şi vântul, dar mai ales de anumite precipitaţii atmosferice, cum este chiciura, poleiul, sau zăpada moale.

Aceste precipitaţii dau naştere pe conductori, la depuneri, provocând eforturi suplimentare, a căror valoare poate fi uneori deosebit de mare.

Ipotezele asupra sarcinelor date de aceste precipitaţii — pe care le vom denumi cu termenul generic de chiciură — constitue una dintre principalele probleme pentru proiectarea raţională a liniilor electrice aeriene. Considerând valori prea mari, rezultă linii electrice scumpe, pe când alegerea unor valori prea mici, poate duce la avarii serioase în timpul exploatării liniilor.

In exploatarea reţelelor electrice de energie, suprasarcinilele datorite chiciurei provoacă grave pagube, prin ruperi de conductori, izolatori şi traverse şi prin doborîrea sau înclinarea de stâlpi.

Valoarea, uneori considerabilă a acestor pagube, a determinat Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice (C.I.G.R.E.) să acorde o deosebită atenţiune problemei, mai sus expuse, prin studii şi rapoarte asupra producerii chiciurei şi sugestii relativ la mijloacele de a combate efectele suprasarcinelor pe conductorii liniilor electrice aeriene.

S'au publicat, prin lucrări deosebit de interesante în literatura tehnică ştiri asupra acestor chestiuni. Printre acestea trebue să citäm, ca o lucrare de mare valoare şi autoritate, lucrarea prof. V. Burgsdorf [1], apărută la Moscova în 1947.

In articolul de faţă vom căuta să prezentăm câteva aspecte ale acestei probleme, în ceeace priveşte producerea chiciurei sub diversele ei forme, factorii meteorologici şi fizici care influenţează intensitatea şi frecvenţa depunerilor, câteva date statistice, referitoare la depunerile de chiciură şi avariile provocate, precum şi problema chiciurei în Republica Populară Română.

CAUZELE METEOROLOGICE ŞI FIZICE ALE CHICIUREI

In atmosferă există importante cantităţi de apă, sub forma de vapori, sau de picături foarte fine, aflate în nori, ceaţă, ploaie, sau burniţă.

Când o masă de aer, care cuprinde picături de apă, se răceşte sub 0°, picăturile îşi menţin starea lor lichidă, datorită fenomenului de suprafuziune.

Picăturile de apă, venind în contact cu un corp solid, sau cu un cristal de ghiaţă, a căror temperatură se găseşte sub 0°, se produce solidificarea unora din aceste picături, cu degajarea de căldură.

Categoriile de precipitaţii care dau depuneri pe conductorii liniilor electrice, nu au o demarcaţie netă care să permită o clasificaţie absolut precisă.

Din această cauză, părerile autorilor în această privinţă sunt variate. Clasificarea cea mai justă este cea propusă de prof. V. Burgsdorf [1] şi anume :

Chiciură.
Poleiu.
Formaţiuni mixte.
Zăpadă umedă.

Chiciura are aspectul unui precipitat alb, cristalin, care seamănă cu zăpada, depunându-se prin cristalizare ca un strat compact, sau sub formă de ace dispuse în direcţia vântului. Densitatea este cuprinsă între 0,09 şi 0,3, iar temperatura de formare variază între 1°—5 şi — 10°C. Chiciura este fragilă, pe când poleiul este compact.

Poleiul se prezintă ca un precipitat special, sub aspectul de ghiaţă tare, transparentă, semitransparentă, sau albicioasă, cu o densitate de 0,6—0,9.

Se produce din picături de apă suprarăcite, la temperaturi cuprinse între 0° şi — 6°.

Formaţiuni mixte. Prin acest termen se înţeleg amestecuri de poleiu şi chiciură, cu densităţi şi aspecte foarte variabile.

Zăpada moale sau umedă, se deosebeşte de zăpada propriu zisă, printr'o vâscozitate şi aderenţă mai mare. Se produce la temperaturi cuprinse între 0° şi — 3°, sub forma de zăpadă amestecată cu ploaia, sau lapoviţă ; are o densitate cuprinsă între 0,1—0,4 şi se prinde pe conductori şi stâlpi, dând o depunere solidă, în urma unui îngheţ.

La noi în ţară, prof. Cristea Mateescu [3] a propus o clasificare a sarcinelor adiţionale depuse pe conductori aproape similară clasificării indicate de prof. V. Burgsdorf.

In afară de cristalizare, chiciura se mai poate forma prin sublimare, adică prin solidificarea directă a vaporilor de apă din atmosferă, la temperaturi joase.

Unii autori, ca Cristea Mateescu [3], susţin că sublimarea este un mod mai frecvent de producerea chiciurei, decât cristalizarea, părere care este însă combătută de alţi autori.

Din experienţele efectuate de prof. V. Burgsdorf, A. Balabuev, şi Gh. Zedghinidze rezultă că sublimarea constitue un caz excepţional de formarea chiciurei şi a poleiului.

FACTORII CARE INFLUENŢEAZĂ NATURA ŞI INTENSITATEA DEPUNERILOR

Formarea chiciurei este condiţionată de factori multipli, dintre care mai importanţi sunt: temperatura, starea higrometrică, vântul, altitudinea şi topografia locului, precum şi caracteristicele liniei electrice: diametrul şi materialul conductorilor, înălţimea liniei faţă de vânt, tensiunea nominală a liniei.

1. *Temperatura* este un factor important, întrucât valoarea tensiunii de vapori şi deci condiţiile de condensare variază cu temperatura aerului.

Temperatura condiţionează şi gradul de umezeală relativă; de exemplu o tensiune de vapori de 2,16 mm la un metru cub de aer la temperatura de -10^0, determină o umiditate relativă de 100%, pe când la temperatura de 0^0, procentul de umiditate relativă este de numai 47%.

De asemenea viteza de cristalizare variază cu temperatura, după cum s'a dovedit prin diverse experienţe. Această viteză, aproape nulă la 0^0, creşte cu gradul de suprafuziune al apei, deci invers cu temperatura, ajungând un maxim teoretic către -25^0.

O viteză de cristalizare redusă, caracterizează formarea poleiului, întrucât picăturile de apă au timpul să se solidifice şi să formeze un strat compact de ghiaţă. Chiciura rezultă în urma unei cristalizări mai rapide care formează un precipitat cu bule de aer, neomogen şi cu densitate mai redusă.

2. *Starea higrometrică* influenţează producerea de chiciură, prin proporţia de apă pe care o conţine aerul. O indicaţie a higrometrului de 100%, sau apropiată, împreună cu indicaţia termometrului de 0^0, sau sub 0^0, constituesc simptome de chicură, sau poleiu. Gradul de umiditate are un rol determinant şi asupra densităţii depunerilor.

3. *Vântul* reprezintă un factor esenţial în formaţiile intense de chiciură, după cum s'a constatat atât prin probe la tunelurile aerodinamice, cu vânt rece şi umed, cât şi prin observaţiuni la staţiuni experimentale situate pe înălţimi.

Rezultatele acestor experienţe au arătat că există o relaţie liniară între cantitatea de depuneri şi viteza vântului.

Prof. V. Burgsdorf ajunge la concluzia că viteza vântului este cuprinsă între 10 şi 15 m/s la formarea chiciurei şi între 15—20 m/s la producerea poleiului. Este evident că şi peste limita de 20 m/s se produce poleiu. Pe baza observaţiunilor efectuate, prof. V. Burgsdorf determină o diagramă de frecvenţă a valorii vitezelor vântului, de unde rezultă că vânturile cu viteza mai mari de 8 m/s (fig. 1) sunt în general rare în regiunile studiate. Această constatare însă nu se poate generaliza, fiind determinată de condiţii locale, ce variază mult dela regiune la regiune. Cercetând prescripţiunile de calcul ale diferitelor ţări, constatăm diferenţe mari în ceeace priveşte valoarea vântului, în momentul producerii chiciurei.

Viteza de formare a depunerilor depinde de viteza vântului, de cantitatea de apă condensată în unitatea de volum a aerului şi de temperatură. Au fost înregistrate depuneri masive de chiciură care s'a format într'o oră (chiciură produsă pe vârful Puy du Dôme), precum şi depuneri care au durat 17 zile (în Caucazul de Nord).

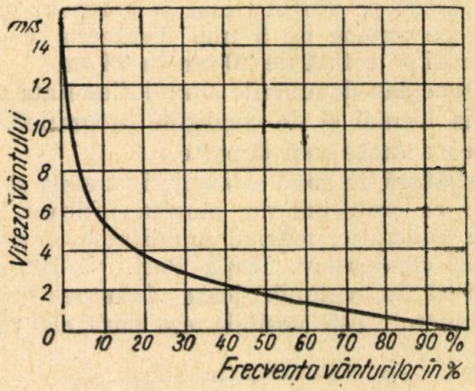


Fig. 1.

Fizicianul ceh E. Wald a încercat pentru prima oară [4] să exprime matematic relaţia între diametru (D) şi respectiv greutatea (G) a depunerii în funcţie de timpul (t) de depunere.

In caz că se presupune că depunerea se face uniform în jurul conductorului, conform ipotezei lui E. Wald, diametrul creşte proporţional cu timpul, pe când greutatea creşte proporţional cu patratul timpului (legea avalanşei). Cele două legi se pot deci exprima sub forma:

$$D = Kt$$
$$G = Kt^2$$

unde K, denumit constanta climaterică, trebue determinat pentru fiecare regiune.

Mergând mai departe, E. Wald determină chiciura specifică, care se formează teoretic timp de 24 ore, cunoscând depunerile de chiciură în două faze diferite. Teoriilor lui E. Wald li s'au adus critici serioase.

Intr'adevăr, din punct de vedere teoretic, se poate determina o lege de variaţie în timp a depunerilor de chiciură, practic însă variaţiile brusce provoacă discontinuităţi în formarea depunerilor, ipotezele lui E. Wald fiind îndoelnice. Prof. V. Burgsdorf combate ipotezele lui E. Wald, din următoarele motive:

a) Constanta climaterică K nu poate rămâne invariabilă;

b) E. Wald nu ţine seama de fenomenul de răsucire al conductorilor, care are o influenţă hotărîtoare asupra diametrului depunerilor.

Vom adăuga şi noi observaţia că, studiind diagramele înregistrate de chiciurografe, dependenţa parabolică a greutăţii chiciurei depuse în funcţie de durata depunerii pare problematică.

In al doilea rând, constanta climaterică depinde de o serie de parametri variabili, greu de apreciat, încât valoarea practică a relaţiilor lui E. Wald este discutabilă. In sfârşit aceste relaţii presupun vântul constant, atât ca direcţie, cât şi ca mărime, ceeace nu corespunde, în general, realităţii.

4. *Altitudinea* joacă un rol necontestat în procesul de formarea chiciurei, mai ales când punctul considerat este expus la acţiunea vântului. Temperatura şi presiunea ambiantă mai redusă la altitudini mari, precum şi zona mai degajată la vânt, favorizează intensitatea depunerilor de chiciură. Astfel pe vârful Omul se constată în mod curent pe antene de 5 mm diametru, depuneri cu o grosime totală de 20 cm în 24 ore.

Deasemenea depunerile sunt influenţate de topografia locului şi de condiţiile orografice, după cum se va arăta mai departe.

In legătură cu rolul altitudinii, trebue să menţionăm ca prin urcarea aerului infiltrat, el se răceşte adiabatic, mărind umiditatea sa relativă până la condensare. După Prof. V. Burgsdorf, rezultă că în regiunile joase, formarea chiciurei pe conductori, este posibilă, dar mult mai redusă.

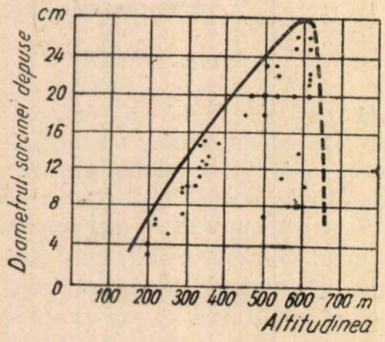


Fig. 2.

Ar fi totuşi posibil ca prin infiltrarea aerului rece şi în anumite condiţii de umiditate şi temperatură, să aibă loc depuneri intense de chiciură şi în regiuni de altitudine joasă, cum este cazul, de exemplu, în regiunea Bărăganului.

5. *Caracteristicele liniei* au deasemenea influenţă asupra intensităţii depunerilor de chiciură. Cunoaşterea variaţiei acestor intensităţi, în funcţie de acele caracteristici, este foarte utilă la determinarea condiţiilor de proiectarea acelor linii.

a) *Influenta diametrului conductorului* este destul de controversată [10]. Unii cercetători [2] afirmă că această influenţă este inexistentă, sau neglijabilă.

Observaţiile făcute pe muntele Brocken au dus la concluzia că diametrul depunerii variază direct cu diametrul conductorului, pe când unele lucrări admit că depunerile sunt comparativ mai intense pe firele cu diametru mai redus. Această neclarificare a problemei influenţei diametrului asupra depunerilor de chiciură, se constată şi din diferite prescripţii de calcul a liniilor electrice aeriene.

După prof. V. Burgsdorf influenţa diametrului conductorului nu poate fi studiată independent de natura materialului, gradul de şlefuire a suprafeţei şi de deschidere a liniei, căci de aceste elemente depinde unghiul de răsucire a conductorului, care caracterizează intensitatea depunerilor.

Sub acţiunea vântului, cristalele de ghiaţă se aglomerează pe partea conductorului dinspre direcţia vântului, formând un fel de creastă, sau pieptene (fig. 3).

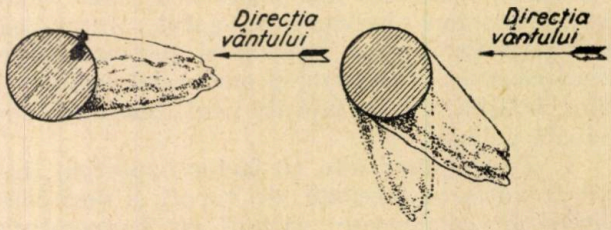


Fig. 3.— Formarea depunerilor de chiciură pe un conductor sub acţiunea vântului.

Greutatea acestui precipitat excentric crescând, conductorul se răsuceşte, prezentând la acţiunea vântului o altă porţiune pe care se depune deasemenea chiciura. In cele din urmă întreaga suprafaţă a conductorului se acopere cu un manşon de chiciură. Făcând calcule pentru conductori de diferite diametre şi montaţi la deschideri diferite, s'a constatat că răsucirea conductorilor, chiar la sarcini excentrice mici, poate ajunge la 90°.

Astfel în cazul unei chiciure, depuse sub forma unui pieptene lung de 2 cm, răsucirea este de 64°, la conductorul de oţel-aluminium 95 şi de 70° la conductorul de cupru de 70 mm², deschiderea fiind de 150 metri.

In cazul depunerii de poleiu în straturi mai subţiri, când răsucirea conductorului nu este posibilă, forma circulară a depunerilor se explică prin faptul că temperatura nefiind prea scoborîtă, unele picături de apă pot ajunge la partea de jos a conductorului fără să se solidifice. Diametrul picăturilor de apă fiind variabil, solidificarea picăturilor se repartizează mai mult sau mai puţin uniform în jurul conductorului;

b) *In ce priveşte influenţa materialului* din care este construit conductorul, s'a constatat, de exemplu pe muntele Brocken, depuneri mai intense pe conductori de aluminium, faţă de cei de cupru. Explicaţia este însă dată de variaţia unghiului de răsucire, care este mai mare la conductorul de aluminium; practic influenţa materialului conductorului este neglijabilă.

c) *Orientarea liniei faţă de vânt* a făcut obiectul a numeroase studii, dar nu s'a putut găsi o relaţie matematică pentru influenţa acestei orientări.

S'a constatat însă experimental că intensitatea depunerilor este mai pronunţată, când direcţia vântului este perpendiculară pe aceea a conductorului;

d) *In ce priveşte influenta tensiunii conductorilor* s'a constatat pe liniile electrice din Urali, Caucazul de Nord şi Transcaucazia o creştere de max. 30% a intensităţii chiciurei în cazul conductorilor sub tensiune, faţă de alternativă fără tensiune.

Prof. V. Burgsdorf a stabilit, printr'o analiză

matematică, efectul tensiunii şi anume că fenomenul se datoreşte existenţei dipolilor şi că forţa de atracţie scade cu puterea a treia a distanţei, fiind independentă de diametrul picăturilor de apă.

EXEMPLE DE CHICIURĂ DE MARE INTENSITATE

Depunerile de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene pot provoca avarii serioase, care au adesea repercusiuni asupra economiei naţionale.

Menţionăm că pe lângă avariile propriu zise ale liniilor, întreruperea cu alimentare a energiei electrice a întreprinderilor industriale duce la pierderi care pot fi incomparabil mai mari decât costul energiei electrice.

Pentru a ne da seama de importanţa problemei, merită să fie citate câteva exemple :

Astfel, în Franţa, pe linia electrică Paris-Orléans de 220 kV [9] au avut loc, în anii 1933 şi 1934, depuneri de poleiu, cu diametre cuprinse între 20 şi 25 cm, corespunzând unei greutăţi de 10—12 kg/m.

Valoarea maximă s'a înregistrat pe muntele Margerie, cu depuneri de 40 cm diametru şi 20 kg/m, greutate liniară.

In Ungaria s'au produs în 1936, depuneri de chiciură abundente, urmată de un vânt puternic, care au rupt conductori şi au doborît numeroşi piloni, greutatea chiciurei ajungând până la 9,7 kg/m (11).

Reţelele electrice din apropierea Vienei, au suferit grave avarii în 1932, în urma unor depuneri de poleiu, care ating greutatea de 13—14 kg/m. S'au constatat 730 ruperi de conductori şi 127 de stâlpi doborîţi.

In U.R.S.S. [1] există numeroase regiuni de chiciură intensă în Urali, Caucaz şi regiunea Donetului, în care depunerile de chiciură ating în mod curent diametre de 20—30 cm şi greutăţi unitare de 6—9 kg/m.

Cele mai mari cifre cunoscute în literatura tehnică sunt cele relative la chiciura gigantică produsă de conductorii unei linii de 10 kV care trece la altitudinea de 2 500 metri peste vârful Sentis, din Alpi, în Elveţia. Conductorii din oţel cu o secţiune de 98 mm² au o înclinare de 30° faţă de orizontală.

Diametrului manşonului de chiciură formată pe conductori a atins 60 cm, iar greutatea unitară 50 kg/m (fig. 4).

In ce priveşte cazurile de chiciură intensă în ţara noastră, vom cita câteva exemple într'un capitol următor.

PROBLEMA CHICIUREI IN REPUBLICA POPULARĂ ROMÂNĂ

In ţara noastră Planul de Electrificare prevede, între altele, construcţia unei reţele întinse de linii de transport şi de distribuţie. Proiectarea acestor linii impune studierea tuturor factorilor care determină condiţiile de calcul, precum şi remedierea tuturor cauzelor care stânjenesc exploatarea în bune condiţiuni a liniilor electrice aeriene, printre care depunerile de chiciură sunt dintre cele mai importante.

Studiul problemei depunerii chiciurii pe conductorii liniilor electrice aeriene necesită observaţii sistematice şi organizarea unor statistice relativ la caracteristicele şi efectele depunerilor.

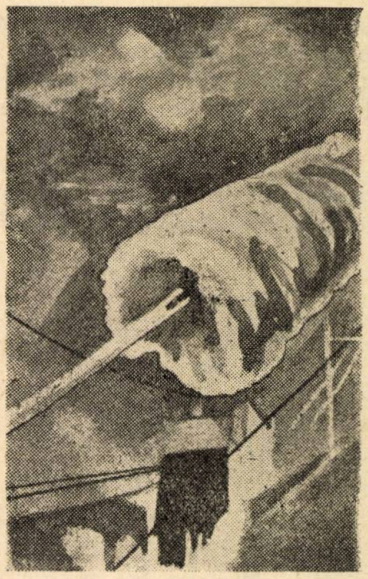


Fig. 4. — Depunerea chiciurei pe conductorii liniei.

Chiciura reprezentând un fenomen relativ rar se impune observaţii continui şi de lungă durată, astfel ca să se poată determina cele două elemente care interesează mai mult proiectarea şi exploatarea reţelelor electrice aeriene şi anume : frecvenţa şi intensitatea depunerilor de chiciură pentru o anumită regiune.

In ţara noastră sub regimul burghezo-moşieresc nu s'au făcut observaţii şi nu s'au ţinut statistici relative la caracteristicele şi efectele care să permită adaptarea unor măsuri pentru îndepărtarea chiciurei depe conductorii electrici aerieni.

S'au înregistrat numai incidental, cazurile care au provocat avarii grave la liniile de energie electrică şi cele de telecomunicaţii. Unele din aceste exemple mai vechi au fost publicate într'un studiu al prof. Cristea Mateescu [7].

In iarna anului 1926—1927, s'au produs numeroase ruperi de conductori şi căderi de stâlpi pe liniile aeriene din Valea Prahovei, din cauza depunerilor de zăpadă umedă, care ajunsese să formeze prin îngheţarea pe conductori, un strat gros până la 8 cm.

In aceeaşi iarnă au fost doborîţi mii de stâlpi şi s'a constatat numeroase ruperi de conductori, din cauza poleiului, în regiunea Bucureşti—Piteşti şi Făurei—Brăila.

Pe liniile de telecomunicaţii C.F.R. diametrul poleiului ajunsese până la 12 cm. Procentul de stâlpi doborîţi era de 25%, iar acela al firelor rupte de 50%.

In luna Decembrie 1938, care împreună cu gerul şi viscolul dintre 18—28 Decembrie 1938 au provocat adevărate ravagii liniilor de teleco-

municaţii C.F.R. şi P.T.T. şi avarii destul de serioase la liniile de energie electrică.

Pe liniile aeriene de joasă tensiune, din jurul Capitalei, s'au înregistrat numeroase ruperi de conductori şi cca 80 de stâlpi rupţi. Diametrul stratului de poleiu depus pe conductori ajunsese până la 7 cm, iar greutatea unitară până la 3 kg/m.

Fig. 5 ne arată aspectul unora din avariile înregistrate cu acest prilej.

Procentul de conductori rupţi a fost de 17,1% la liniile de 15 kV şi de 5% la liniile de joasă tensiune.

In anul 1942, Administraţia P.T.T. a avut de suferit serioase avarii în urma depunerilor de poleiu, care ajunsese până la diametrul de 9 cm,

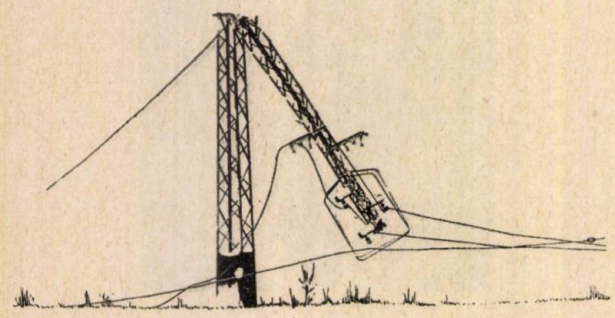


Fig. 5. — Avarierea liniei datorită depunerilor de chiciură

provocând numai într'o singură zonă pagube însemnate.

In anul 1948, fosta Centrală Industrială a Energiei Electrice a iniţiat o acţiune de documentare, cerând date statistice şi informaţiuni la diverse întreprinderi regionale de electricitate, la Departamentul C. F. R. şi la Administraţia P.T.T., asupra depunerilor de chiciură.

Din răspunsurile primite, datele statistice mai interesante au fost expuse mai sus. S'au mai semnalat depuneri de chiciură intense şi în anii 1947 şi 1948.

Este interesant de remarcat că anumite regionale, cum sunt acelea din Oraşul Stalin şi Cluj, au raportat că nu s'au constatat depuneri de chiciură cu urmări grave, fapt care confirmă acţiunea de protecţie a arcului Carpaţilor.

Studiul depunerilor de chiciură pe conductorii electrici aeriani a intrat într'o fază organizată dela înfiinţarea Ministerului Energiei Electrice, Academia Republicii Populare Române, Institutul de Metalurgie şi Mecanică Aplicată, ceeace a contribuit la crearea unui colectiv de studii pe lângă Institutul de Metalurgie şi Mecanică Aplicată.

Din activitatea acestui colectiv putem cita următoarele realizări până acum :

1. Culegerea şi coordonarea datelor statistice dela diferitele instituţii.

2. Intocmirea unei hărţi a regiunilor de chiciură intensă din Republica Populară Română pe baza acelor date.

3. Măsuri pentru înfiinţarea de staţiuni experimentale şi staţiuni de observare a depunerilor de chiciură.

Aceste staţiuni, montate în diferite puncte ale ţării şi dotate cu aparatura meteorologică necesară, vor da posibilitatea să se culeagă un material statistic preţios pentru precizarea datelor privind intensitatea şi frecvenţa depunerilor de chiciură.

4. Intocmirea de instrucţiuni pentru prevenirea şi îndepărtarea depunerilor de chiciură, ţinând seama de experienţa sovietică în acest domeniu.

5. Tipărirea de fişe de observaţie a depunerilor de chiciură şi de instrucţiuni pentru observatori.

6. Realizarea unui chiciurograf hidraulic cuplat cu un manometru înregistrator.

Vom insista, în cadrul acestui articol, asupra problemei privind studiul regiunilor caracterizate prin depuneri frecvente de chiciură, care a dus la întocmirea hărţii cu delimitarea regiunilor de chiciură.

Pe baza observaţiilor efectuate se poate constata că există anumite regiuni în care intensitatea şi frecvenţa depunerilor de chiciură sunt mai pronunţate.

Cercetătorii sovietici au stabilit — pe baza observaţiunilor sistematice, făcute la numeroase staţiuni, pe lungi perioade — că intensitatea şi frecvenţa depunerilor sunt în strânsă legătură cu situaţia geografică şi orografică a regiunii considerate, cu altitudinea şi cu condiţiile climatologice locale.

Astfel după cum s'a menţionat deja în regiunea Caucazului, infiltrarea aerului rece, polar, datorit anticiclonului din regiunea europeană a U.R.S.S., provoacă o abundentă chiciură, sau poleiu, prin contactul cu aer cald şi umed de provenienţă maritimă.

In regiunea de sus a Caucazului se constată depuneri mai reduse, din cauza protecţiei pe care o prezintă masivul muntos, faţă de curentul de aer polar.

O situaţie analoagă se prezintă în ţara noastră, graţie arcului Carpaţilor, care formează un ecran protectoral podişului transilvănean, reducând mult intensitatea depunerilor de chiciură şi poleiu.

Uneori depunerile se produc prin contactul cu un front rece, a curentului de aer cald provocat de anticiclonul din zona insulelor Azore. Această ipoteză concordă cu constatările unor observatori, care au remarcat uneori depuneri de chiciură şi poleiu sub acţiunea vântului de SW. Chiciura intensă observată în anul 1948, în regiunea Banatului, ar putea fi explicată prin această ipoteză.

Fizicianul ceh E. Wald [8] a publicat interesante studii în care emite ipoteza că flora unui ţinut poate da indicaţiuni asupra gradului de intensitate şi frecvenţă a chiciurei şi poleiului în acea regiune.

Astfel regiunile păduroase din Europa Centrală, ar indica regiuni favorabile depunerilor puternice de chiciură, în timp ce flora panonică arată probabilităţi mult mai reduse ale acestui fenomen.

Studiile lui Wald, deşi bine documentate, trebue verificate prin observaţiuni pe lungi pe-

rioade, spre a constata dacă în adevăr unele aspecte ale vegetaţiei ca de exemplu: arbori cu vârfuri şi ramuri desgolite, confirmă că în acea zonă se produce chiciură sau poleiu intens.

In ţara noastră se constată, din puţinele date statistice existente, ca zone cu depuneri mai intense: Sud-Estul Moldovei, Câmpia Bărăganului şi Dobrogea.

Restul ţării reprezintă o zonă moderată de chiciură, cu excepţia unor puncte mai înalte.

Indicaţiuni asupra acestor zone caracterizate prin depuneri de chiciură intensă s'au putut obţine dintr'o statistică a zilelor de chiciură şi poleiu, pentru o perioadă mai lungă, extrasă din datele Institutului Meteorologic Central, precum şi din datele culese dela Ministerul Energiei Electrice, Ministerul Poştelor şi Telecomunicaţiilor, Direcţia Generală a Transporturilor Feroviare.

Datele statistice culese au ajutat la elaborarea standardelor privind prescripţii pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică, efectuate la Institutul de Studii şi Proiectări Energetice, şi a standardelor privind prescripţii pentru construcţia liniilor de telecomunicaţii.

Referitor la greutatea chiciurei, noile prescripţii privind construcţia liniilor electrice de energie electrică prevăd valori mult diferite faţă de cele indicate în vechile prescripţii I.R.E. După noile prescripţii valoarea greutăţii chiciurei *) se face în funcţie de grosimea stratului de chiciură în cm, pe categorii de linie şi pe regiuni.

*) In prescripţii s'a ales noţiunea de polei şi nu chiciură, fiind vorba de depuneri cu o densitate egală cu 0,9.

Impărţirea teritoriului Republicei Populare Române în două regiuni, din punct de vedere al greutăţii chiciurei, precum şi determinarea unor noui valori a greutăţii chiciurei, în baza lucrărilor efectuate de colectivul însărcinat cu studiul acestor probleme, a dus la dimensionarea conductorilor şi stâlpilor liniilor electrice aeriene pe baze mult mai raţionale, rezultând linii mai eftine ceeace va duce pentru totalitatea reţelelor electrice prevăzute în Planul de Electrificare la economii mari.

In concluzie, acuma când Planul de Electrificare a ţării pune o serie de probleme noi, studiul depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene trebue să reprezinte o preocupare continuă a tehnicienilor noştri.

In acest scop se impune urmărirea sistematică şi continuă a depunerilor de chiciură, cu înregistrarea tuturor caracteristicilor şi cu studierea condiţiilor fizico-metereologice care le-au provocat, astfel încât să dispunem de un material documentar suficient pentru precizarea intensităţii şi frecvenţii depunerilor de chiciură în diferite regiuni ale ţării.

Bibliografie

1. *V. Burgsdorf*, Construcţia şi exploatarea reţelelor electrice în regiuni de chiciură intensă, Moscova 1947.
2. *A. Glazunov*, Reţelele sistemelor electrice, Moscova, 1947.
3. *Cristea Mateescu*, Contribuţie la stabilirea prescripţiilor pentru calculul liniilor aeriene de transmisiune electrică, 1927.
4. *E. Wald*, Procédé simple pour l'étude du givre. CIGRE (1935) vol. II Rapport 231.

★

ВОПРОС ОБ ОБРАЗОВАНИИ ИЗМОРОЗИ НА ПРОВОДАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Р е з ю м е

Указываются метеорологические и физические причины, которые определяют род и интенсивность образования изморози, а также и влияние характеристик электрической линий, как например диаметр и материал проводов, напряжение и ориентировка линии в отношении ветра. По этому вопросу даются статистические результаты Р. Н. Р., касающиеся напряжения, частоты образований и аварий, происшедших на линиях телесвязи и электропередачи.

★

PRINCIPIILE PROTECȚIEI CONTRA SUPRATENSIUNILOR ATMOSFERICE

Dr. Ing. A. AVRAMESCU

Protecția contra supratensiunilor atmosferice nu se poate îmbunătăți fără o cunoaștere bine fondată a fenomenelor. Se expune stadiul actual al acestor cunoștințe asupra trăsnetelor și asupra efectelor lor în rețele și instalații electrice. Se arată rolul reflexiilor și amortizării prin efect pelicular și corona cât și aparatele de măsură obiectivă a parametrilor principali ai trăsnetului.

In exploatare s'a constatat o concordanță a fenomenelor ce apar la defecte și avarii cu previziunile științifice. Pentru a uniformiza metodele de protecție și a le pune pe baze solide, se recomandă a se aplica prescripțiile sovietice.

In cadrul lucrărilor planului de electrificare a țării, protecția rețelelor și instalațiilor electrice contra supratensiunilor în general și protecția contra supratensiunilor atmosferice în special, reprezintă una dintre problemele cele mai complexe și cele mai importante care trebue să preocupe pe inginerii și tehnicienii noștrii proectanți și de exploatare.

Pentru a asigura liniilor și instalațiilor noastre o siguranță suficientă contra defectelor, întreruperilor și avariilor ce pot apare, condiția primordială care se pune este cunoașterea cât mai perfectă a fenomenelor, ceeace este dificil, din cauză că ele apar sub forme foarte variate și foarte violente. Din această cauză cercetarea fizică a fenomenului a întârziat mult timp, iar măsurile de protecție au evoluat treptat până au ajuns în stadiul tehnic actual, în care se poate asigura o protecție suficientă, dacă se aplică toate măsurile și toate cunoștințele pe care tehnica modernă le pune la dispoziție.

Aceste cunoștințe sunt deocamdată foarte neomogene și incomplete la tehnicienii noștrii din cauza lipsei unor aparate de protecție adecuate, din cauza cunoștințelor speciale necesare pentru aplicarea în cele mai bune condiții a protecției și din cauza unei lipse de interes pentru această problemă, care mult timp și la mulți tehnicieni a fost lăsată pe un plan secundar. Dealtfel efectele respective nu au fost atât de periculoase în timpul cât rețelele electrice nu aveau încă o extindere mare. Pe măsură ce, în conformitate cu planul de electrificare, rețelele se extind și deci se impune o organizare mai temeinică și o întărire a măsurilor de protecție.

In cele ce urmează se face o scurtă expunere asupra progreselor privind cunoașterea fenomenelor de supratensiuni atmosferice și principiilor pe care se bazează măsurile de protecție pe teren, spre a putea formula propuneri pentru aplicarea justă a acestor măsuri la instalații existente sau proiectate. Studii mai detailate urmează a lămuri problemele fizice și tehnice în legătură cu metodele moderne de protecție.

TRĂSNETUL CA FENOMEN ELECTRIC

Studiul fizic al fenomenului de trăsnet a întâmpinat foarte mari greutăți și încă acum 20 ani nu se cunoșteau multe amănunte, elucidate de atunci în urma cercetărilor făcute în acest domeniu în toată lumea, dar mai ales în Uniunea Sovietică.

Este de mare interes de a se cunoaște situația locală a manifestărilor electrice ale atmosferei din marea țară a socialismului și a regiunilor din apropierea frontierelor comune pentru a putea extinde rezultatele asupra țării noastre. In Uniunea Sovietică, s'a publicat în ultimul timp o statistică foarte interesantă (1) a fenomenelor de trăsnet, care include o hartă keraunică a Uniunii Sovietice ce cuprinde și zona țării noastre. Această hartă a fost întocmită numai pe baza constatărilor făcute de electricienii din rețelele electrice, fără contribuția posturilor de meteorologie. S'au înregistrat mai ales acele fenomene care au avut urmări în rețelele electrice, deci cele ce sunt de interes primordial pentru exploatarea instalațiilor electroenergetice. Această hartă dovedește că o statistică întocmită de electricieni este mai reală, mai obiectivă și mai exactă, din cauza urmărilor concrete pe care trăsnetul le lasă în instalații, față de observațiile subiective făcute de posturile de observații meteorologice. Criteriul pe baza căruia se apreciază aceste fenomene electrice ale atmosferei este numărul de zile pe an, în care s'au auzit trăsnetele într'un anumit punct. Acest număr de zile pe an se chiamă nivel keraunic.

S'a studiat și stabilit nivelul keraunic în diferite localități din țara noastră și rezultatele sunt trecute în „harta keraunică" a R.P.R. Observațiile înregistrate nu permit deocamdată înscrierea unor curbe isokeraunice pe anumite întinderi ale țării noastre. Totuși ele arată regiuni și zone cu o frecvență mai mare și zone cu o frecvență mai redusă a trăsnetelor. Studiul va fi continuat spre a permite a se înscrie linii isokeraunice, care dau o imagine sintetică a repartizării geografice a trăsnetelor.

Trăsnetul este o descărcare electrică foarte violentă a cărui natură și evoluție au ajuns să fie bine cunoscute (2). Curentul de trăsnet este aperiodic și se poate reprezenta printr'o undă, care începe cu o frunte având o pantă urcătoare foarte mare și după un maxim, continuă cu un spate de o pantă coborîtoare mult mai mică (fig. 1). Intensitățile maxime ale curenților de trăsnet sunt cuprinse între 2 și 200 kA.

Se obișnuește a se face o statistică a frecvenței intensităților de trăsnet pe anumite regiuni. In Uniunea Sovietică s'au publicat chiar în lucrarea

sus amintită, o serie de curbe ale frecvenţei parametrilor principali ai trăsnetului, anume a ten-

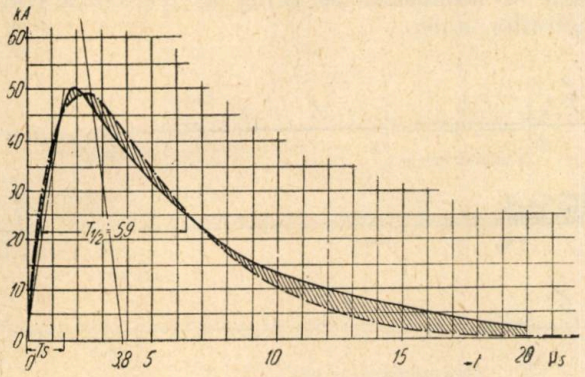


Fig. 1. — Inlocuirea unei curbe de curent oscilografate ——— oscilograma unui trăsnet ;
—.—. curba teoretică dată de formula :

$$I = I_0 \left(e^{-at}_{-e} - mxt\right) = 145 \left(e^{-0,263t}_{-e} 0,71\, t\right) \text{ kA.}$$

siunii pe care poate să o aibă trăsnetul când atinge linia, a pantei trăsnetului şi a intensităţii axiale a curentului (fig. 2).

Aceste date nu corespund cu datele cunoscute anterior. Ele arată că în general Europa are trăsnete de o violenţă mai mică decât alte continente (America, Africa). Rezultatele sunt foarte importante pentru calculele ce se fac spre a stabili numărul şi intensitatea trăsnetelor ce cad pe linii, utilizând teoria probabilităţii.

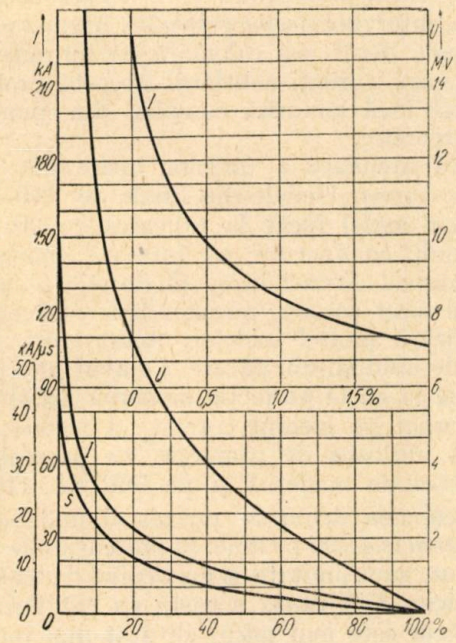


Fig. 2. — Frecvenţa tensiunii, intensităţii şi pantei curentului de trăsnet (după Stekolnikov).

Trăsnetul poate să cadă direct pe conductorii liniilor şi staţiilor, sau să influenţeze indirect liniile prin efectul de inducţie, când cade în apropierea lor. Aproape toate defectele şi avariile provin din lovituri directe într'un punct oarecare al instalaţiilor. Numai aceste lovituri directe duc la supratensiuni care pot periclita serios instalaţia.

Siguranţa anumitor linii se poate predetermina, stabilind câte defecte permanente pe an se permite să aibă o linie de o lungime de 100 km. Există astfel posibilitatea de a calcula şi proiecta linia pentru o anumită siguranţă faţă de trăsnet, care în general nu poate fi 100%. Mijloacele necesare pentru o protecţie de 100%, devin din punct de vedere economic disproporţionat de mari, astfel încât deobicei liniile se execută cu o siguranţă de 92—96%, după importanţa lor.

FENOMENE DE SUPRATENSIUNI PE LINII

Când trăsnetul loveşte o linie într'un punct oarecare, sarcina adusă pe linie se împarte în două unde care pleacă în direcţii opuse cu viteza luminii. Unda de tensiune şi unda de curent sunt concomitente.

In general energia electromagnetică a undei se împarte în două părţi egale : energia electrostatică şi cea magnetică, după cele două formule cunoscute $W_e = \frac{1}{2} CU^2$ şi $W_m = \frac{1}{2} LI^2$. Dintre fenomenele care au loc pe linii, cel mai important şi care intră hotărîtor în judecarea efectelor asupra instalaţiilor electrice, *este reflexia undelor*. In momentul când unda respectivă ajunge la un capăt deschis (izolat) al liniei, curentul se anulează şi se formează o undă în sens invers, care şterge curentul pe linie, progresând tot cu viteza luminii. Unda incidentă şi unda reflectată au aceeaşi energie electromagnetică totală : $W = W_e + W_m$. Energia magnetică a undei incidente dispare odată cu dispariţia curentului şi se transformă în energie electrică. Din această cauză, teoretic, energia electrică a undei incidente se cuadruplează, iar tensiunea se dublează la capătul deschis al liniei şi o undă de această supratensiune se propagă înapoi până la sursă. Dublarea tensiunii este foarte periculoasă, deoarece solicită dublu izolaţia liniei şi poate produce conturnarea sau străpungerea ei. Dacă linia este scurtcircuitată la capăt, se dublează curentul şi se anulează tensiunea. Faţă de un curent oricât de mare care circulă pe linie nu trebue să se aplice măsuri speciale de protecţie, deoarece după legea lui Lenz-Joule energia curentului se transformă în căldură, proporţional cu pătratul intensităţii.

Un parafulger ideal ar trebui la sosirea unei unde de supratensiune să scurtcircuiteze temporar linia, adică să realizeze o legătură fără rezistenţă la pământ, pe trei faze. Numai în acest caz tensiunea se anulează şi o undă de tensiune zero se propagă invers pe linie, transformând energia câmpului electric în energie magnetică, care se amortizează singură pe linie.

Dela această teorie simplă a fenomenului de reflexie, se poate trece imediat la aplicaţii. O linie aeriană are o anumită impedanţă de undă $Z = \sqrt{L/C}$, unde L este inductivitatea, iar C capacitatea pe unitate de lungime. Această impedanţă de undă este aproape constantă şi egală cu 350—400 Ω la linii aeriene. La cabluri,

impedanţa de undă, în medie, este de 10 ori mai mică, ceeace înseamnă că un cablu este aproape un scurtcircuit pentru o undă. Venind de pe o linie, unda se reflectă parţial la începutul cablului, cu un curent aproape de două ori mai mare, decât cel al undei incidente, iar tensiunea undei care intră în cablu scade.

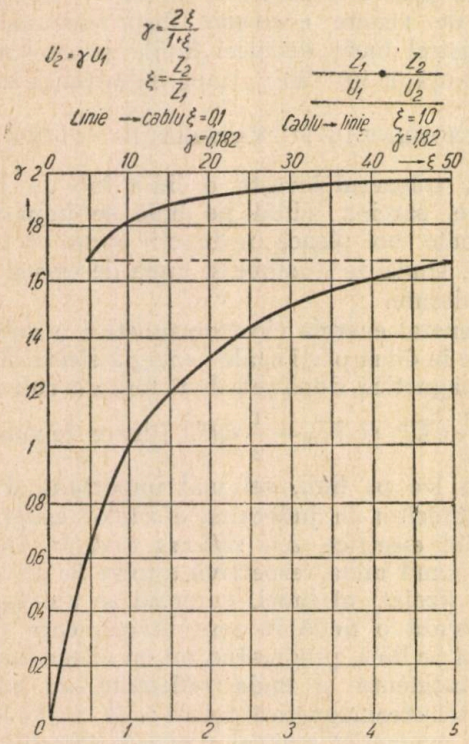


Fig. 3. — Factorul de reflexie a undelor în noduri.

Curba din fig. 3 arată factorul de transformare al tensiunilor. Pentru o tensiune incidentă şi transmisă U_1 şi U_2 şi un factor γ de reflexie care dă raportul tensiunilor U_2 şi U_1, se poate vedea uşor că având un raport de impedanţe de 10 : 1, ca în cazul când o undă intră dintr'o linie în cablu, tensiunea scade la 1/5, iar când o undă iese dintr'un cablu şi trece pe o linie aeriană, tensiunea creşte cu 80%. Deci cablurile sunt foarte utile la intrarea în staţii, pentru că scad tensiunea undelor incidente la aparatele şi maşinile din staţii şi centrale. In fig. 4 s'a reprezentat un cablu intermediar pe linie, arătându-se că efectul de scădere a tensiunii la aparatajul staţiei, nu mai este atât de pronunţat ca la cablurile ce intră până în staţii.

In neutrul izolat al transformatorilor reţelelor de înaltă tensiune s'au observat repetate defecte care s'au manifestat prin străpungeri ale izolaţiei interne în zona neutrului, care este un punct de reflexie totală. Dacă se prelungeşte cablul de intrare până la staţie sau transformator, atunci tensiunea undei incidente rămâne joasă şi unda reflectată în neutrul transformatorului nu mai are o amplitudine suficientă pentru a străpunge izolaţia interioară.

Nu numai cablurile, dar şi conductorul de protecţie al liniilor măreşte capacitatea liniei şi scade în mod automat tensiunea undelor incidente.

In consecinţă, prin scăderea impedanţei de undă a traseului, energia electrică a undelor se transformă în energie magnetică, iar curentul mărit se atenuează pe urmă în rezistenţa conductorilor liniei.

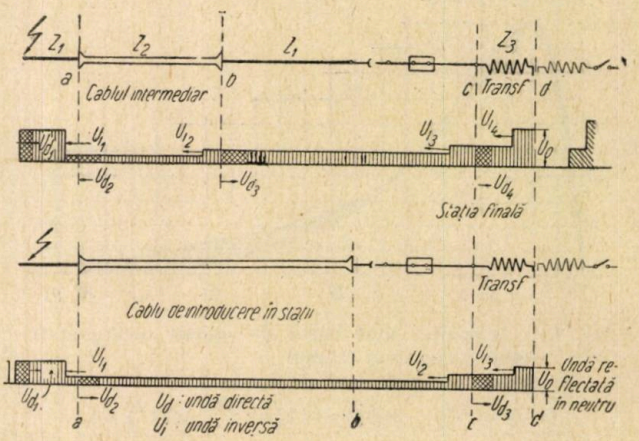


Fig. 4. — Reflexii de unde pe linii şi la cabluri în staţii

De fapt energia totală medie a trăsnetelor nu este atât de mare încât să deterioreze conductorii obişnuiţi de linie. Paratrăsnetele de clădiri se construesc cu secţiuni de 50 mm² fier sau 16 mm² Cu.

Efectul termic al undelor este destul de greu de calculat, pentrucă intensitatea şi tensiunea undelor au o pantă, adică o variaţie foarte rapidă în timp; totul petrecându-se în decurs de microsecunde, intervine *efectul pelicular*. Atenuarea este mai rapidă decât cea calculată cu formule obişnuite pentru curenţi continui. Această problemă nu a fost încă lămurită complet din punct de vedere teoretic.

O altă atenuare a undelor apare din cauza *efectului corona*. Undele din liniile de 110 kV se calculează astfel încât la ridicarea cu 20—30% a tensiunii, conductorii să întreacă limita tensiunii corona. Atunci încep să fie eficace pierderile prin efect corona, ceeace aduce o accentuare a aplatizării pantei undelor. Acest efect se cunoaşte de mult şi, din păcate, s'a avut prea multă încredere în el. O protecţie modernă nu se poate baza numai pe efectul corona, ci trebue să se prevadă mijloace de protecţie, ca parafulgerele de construcţie modernă şi pe linii de 110 kV.

Un fenomen demn de interes al undelor este *conturnarea izolaţiei* pe linie. Supratensiunile atmosferice nu sunt limitate şi nu depind de tensiunea de serviciu. Din cauza aceasta cu cât tensiunea de serviciu este mai mică, cu atât mai puternic este efectul trăsnetului, iar avariile în urma conturnării şi străpungerii izolaţiei sunt mai importante. Liniile de joasă şi de medie tensiune sunt periclitate mai mult decât cele de înaltă tensiune.

Conturnarea poate să fie directă dela conductorul lovit la stâlp şi inversă dela stâlp la conductori. Dacă la un stâlp de lemn care are un conductor de protecţie trăsnetul loveşte conductorul de protecţie legat printr'un fir la pământ, un curent de 10—20 kA se scurge la pământ.

Dealungul acestui fir şi în priza de pământ care pot să aibă împreună rezistenţe de 5—40 Ω se produce o cădere de tensiune care face ca vârful stâlpului să ia o tensiune foarte mare faţă de conductor. Astfel, se pot produce şi conturnări inverse dela conductorul de protecţie la conductorii sub tensiune.

Arcul de conturnare periclitând izolaţia principală, din porţelan, se prevăd armături de diferite forme în jurul şi la capetele izolatorilor cu scopul de a îndepărta arcul de izolatori şi a-i oferi puncte de atac, a căror topire superficială nu impietează asupra siguranţei liniilor. S'au făcut mari progrese în ultimul timp în construcţia judicioasă a acestor armături, folosind din plin efectele câmpului magnetic propriu asupra deplasării arcului.

APARATE DE MĂSURĂ A SUPRATENSIUNILOR

Aparatele şi metodele de măsură dau o imagine obiectivă asupra acestor fenomene. Există diferite aparate de măsură a fenomenelor tranzitorii de foarte mare tensiune şi de cea mai scurtă durată (3).

Eclatorul simplu este un aparat mult mai preţios decât se crede. Nu numai amplitudinea undei dar şi panta undei se poate măsura cu eclatorul simplu.

Aparate simple numite *clidonografe* dau indicaţii preţioase privind supratensiunile. Un electrod cilindric atinge o placă izolată aşezată deasupra unui electrod plan. Descărcările cu tensiuni până la 30 kV lasă urme pe placă şi urmele servesc la interpretarea valorii tensiunii şi pantei undelor. Aceste instrumente foarte simple, în raport cu altele mult mai complicate şi întrebuinţate numai în laboratoare, se pot uşor introduce în reţelele aeriene.

Pentru măsurători obiective a efectelor trăsnetului pe linii se mai întrebuinţează *dispozitive magnetice* sub formă de beţişoare care se montează pe stâlpi metalici şi care măsoară amplitudinea maximă a curentului care a trecut la o distanţă oarecare de ele, prin remanenţa lor magnetică. Beţişoarele magnetice se montează perpendicular pe direcţia curentului, adică în lungul liniilor de forţă. Afară de aceste instrumente simple pentru măsurarea obiectivă a supratensiunilor atmosferice şi care sunt relativ uşor de procurat şi instalat, există o serie întreagă de aparate mai complicate, cum sunt *oscilografele catodice*, care sunt mai eficace, dar au caracterul exclusiv al aparatelor de laborator.

S'au construit *perturbografe* care înregistrează grafic supratensiunile atmosferice ce ajung în staţii electrice, analoage cu perturbografele pentru supraintensităţi, dar mai complicate decât acestea, din cauza duratei mult mai scurte a şocurilor de supratensiune.

MĂSURI DE PROTECŢIE

Măsurile de protecţie pot să fie generale şi speciale. Cele *generale* sunt în legătură cu executarea conştiincioasă şi reglementară a instalaţiilor. De multe ori în staţii nu se realizează nivelul de izolaţie reglementar şi trebue să se intervină cu măsuri pentru a atinge acest nivel.

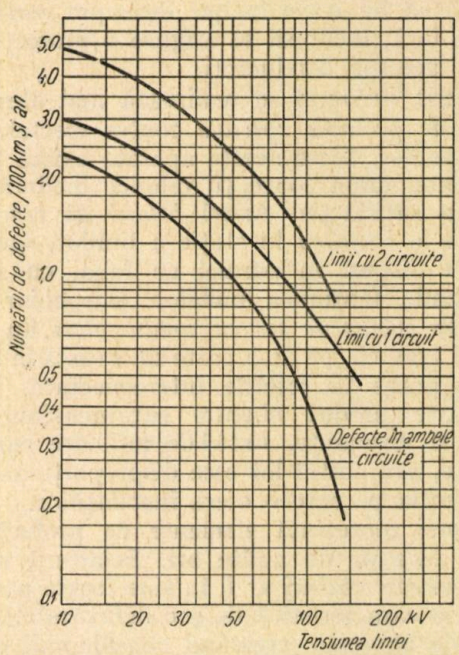


Fig. 5. — Relaţia între numărul specific de defecte şi tensiunea liniei.

Liniile duble se comportă favorabil faţă de supratensiuni. In fig. 5 se reprezintă curbe dintr'o statistică care arată că numărul de defecte pe km şi an scade mai mult la liniile cu două circuite decât la liniile cu un circuit. Numărul absolut al defectelor este mai mare, dar numărul defectelor care antrenează ambele circuite este mult mai mic. In funcţie de tensiune apare o scădere foarte pronunţată a defectelor. La tensiuni de 200 kV şi mai mari, defectele din cauza supratensiunilor devin neglijabile.

Măsurile de protecţie speciale sunt îndreptate contra loviturilor directe de trăsnet şi contra undelor ce provin indirect din trăsnete.

Protecţia contra loviturilor directe se aplică sau prin paratrăsnete verticale, care trebue să cuprindă în zona lor de protecţie instalaţiile electrice, sau prin conductori de protecţie (în cazul liniilor aeriene), în fine prin construcţii metalice sau reţele de ecranare deasupra staţiilor aeriene şi a transformatorilor montaţi în exterior.

Există mai multe metode precise care dau zona de protecţie în jurul paratrăsnetelor. Metode de calcul sovietice, recent publicate, permit prin formule foarte simple şi cu suficientă exactitate stabilirea acestei zone (1).

Tendinţa nouă este de a înălţa astfel conductorii de protecţie a liniilor deasupra panoului de fire conductoare, încât unghiul de protecţie să fie mai mic decât 30°. In multe cazuri pe linii sau în faţa staţiilor conductorii de protecţie au un unghiu mai mare, ceeace înseamnă o protecţie neeficace, firele sub tensiune ale liniei nefiind în zona de protecţie a conductorului de protecţie. In aceste cazuri se face o cheltuială

care nu este justificată, deoarece conductorul costă mult mai mult decât construcţiile de suprainălţare a lui pe stâlpi. Unul din dezideratele exploatării adresate proiectanţilor este ca firul de protecţie să fie astfel înălţat deasupra conductorilor de fază, încât să se asigure o protecţie suficientă acestor conductori.

Protecţia indirectă se realizează mai ales prin *aparate de protecţie speciale* contra efectelor supratensiunilor. Intre aceste aparate există foarte multe care, după concepţii tehnice moderne, nu mai dau satisfacţie. Astfel *bobine de reactanţă*, instalate la intrarea în staţie a liniilor, sau *condensatori* dispuşi în paralel cu linia, cu scopul de a scade tensiunea undelor, sau chiar *combinaţii de bobine de şoc cu condensatori*, au toate defectul grav că, pe de o parte nu rezistă la scurtcircuite grave în reţelele interconectate, pe de altă parte produc singure supratensiuni prin reflexii şi rezonanţe. Astfel de mijloace sunt sau neeficace, sau costul lor este disproporţionat faţă de protecţia pe care o oferă instalaţiilor.

Eclatorii reprezintă elemente de protecţie de care se face uz de multe ori. Eclatorul simplu cu coarne sau vârfuri ar fi în sine foarte potrivit, dar are o caracteristică de şoc defavorabilă, tensiunea de amorsare crescând considerabil la durate scurte ale şocului. Numai la eclatorii sferici factorul de şoc este egal cu unitatea. Eclatorul simplu mai are desavantajul că arcul produs între electrozi nu se mai stinge şi circuitul respectiv trebue întrerupt. In tendinţa de a se evita acest desavantaj s'au aplicat rezistenţe în serie cu eclatorul şi s'au construit eclatori care sting arcul prin anumite dispozitive cu relee, ce manevrează rezistenţe sau scurtcircuitează eclatorul. Aceste soluţii se consideră în prezent depăşite.

Parafulgerele moderne sunt de mai multe tipuri. Cele ,,catodice'' sunt denumite după fenomenul căderii catodice, care apare la orice descărcare şi are o valoare variabilă în funcţie de natura şi intensitatea descărcării. Plăci din carbură de siliciu având o rezistenţă variabilă cu tensiunea, despărţite cu un inel de mică grosime (1 mm) şi suprapuse în stive, dau loc la descărcări, care, pe măsură ce tensiunea la borne creşte, intră în zona arcului, tensiunea la borne, din cauza caracteristicei descendente a arcului, scăzând în timp ce creşte intensitatea.

In ultimul timp se preferă construcţii fără spaţii şi fără descărcări între plăcile cu rezistenţă variabilă, deoarece caracteristicele acestora s'au îmbunătăţit considerabil. Aspectul şi construcţia principială a unui parafulger sovietic se vede din fig. 6.

Tensiunea nominală a parafulgerelor trebue aleasă perfect după tensiunea reţelei. In general ea nu trebue să întreacă cu mai mult decât cu 15% tensiunea maximă ce apare între fazele reţelei. Dacă reţeaua are neutrul pus direct la pământ, tensiunea nominală a parafulgerelor se alege de 80% din tensiunea nominală a reţelei.

Pe neutrul izolat al transformatorilor se dispune deasemenea un parafulger pentru a proteja înfăşurările şi instalaţia contra undelor reflectate în neutru. Aceste parafulgere trebue să aibă 65% din tensiunea nominală a liniei.

Zona de protecţie a parafulgerelor de acest fel este limitată la distanţe de 30—40 m. La staţii mari trebue să se instaleze parafulgere în afară de intrarea liniilor în staţii şi în apropierea transformatorilor care reprezintă obiectele cele mai importante de protejat.

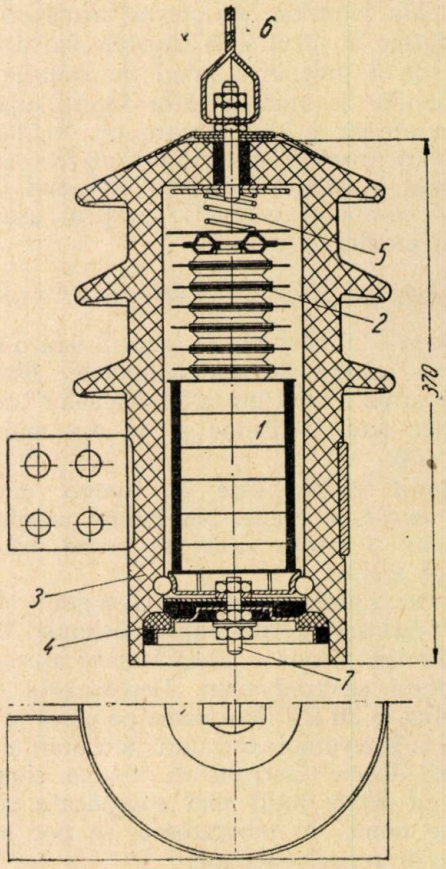


Fig. 6. — Secţiune printr'un parafulger tip supapă de 6 kV cu rezistenţă variabilă, de construcţie sovietică.

Una din metodele moderne ale protecţiei contra supratensiunilor este *coordonarea izolaţiei*. Principiul este de a stabili o scară de nivele de izolaţie : cel al aparatelor de interior (transformatori, întreruptori, generatori), care să aibă izolaţia cu nivelul cel mai înalt, apoi nivelul de izolaţie curentă a liniilor şi în fine un nivel inferior, realizat prin puncte slabe care se aleg astfel, încât în ele conturnările să fie fără urmări. Aceste ,,puncte slabe'' sunt tocmai parafulgerele sau eclatorii de protecţie, adică elemente prin care se localizează efectul supratensiunilor. Dificultatea coordonării izolaţiei constă în faptul că nivelul de izolaţie al liniei este în general destul de ridicat, din cauza rezistenţei mari a izolatorilor liniei faţă de undele de şoc. Izolatorii de tip HD 20 kV au tensiuni de conturnare la şoc ce întrec 150 kV. Este greu de a se construi aparatajul de 15 kV pentru o tensiune de şoc atât de înaltă.

O altă greutate o prezintă nevoia de a măsura caracteristica de şoc a generatorilor, transformatorilor şi tuturor aparatelor, chiar şi a izolatorilor de orice fel, pentru a se şti precis cum

trebue să se dimensioneze şi să se regleze parafulgerele. Din aceste cauze este foarte dificil a se face coordonarea justă a izolaţiei. In soluţiile ce sunt de ales, trebue să se recurgă la rezultatele şi la experienţa tehnicei sovietice, pentru a se evita greşeli.

DIN EXPERIENŢA EXPLOATĂRII PRIVIND MĂSURILE DE PROTECŢIE

In exploatare se întocmesc *statistici*, extinse pe mulţi ani, cuprinzând situaţia deranjamentelor şi întreruperilor în alimentare, din care se pot trage concluzii interesante privind numărul, cauzele şi urmările defectelor provocate de trăsnete. Pe baza acestor date se întocmesc hărţi cu reţelele respective pe care se înseamnă efectele produse de supratensiuni, mijloacele de protecţie existente şi proiectate în vederea evitării deranjamentelor. Situaţia locală fiind de mare importanţă, pe baza statisticelor şi experienţei din exploatare se fac studii pentru reorganizarea reţelei în vederea unei mai bune protecţii. Se constată din aceste studii că există zone locale periclitate de trăsnete şi este evident că măsurile de protecţie trebue să se concentreze asupra acestor zone pentru a micşora probabilitatea defectelor.

Se poate trage concluzia că în general zonele dela liziera între deal şi şes, zonele de pe culmile dealurilor şi zonele din jurul lacurilor sunt periclitate de trăsnete. Concluzia pare a fi foarte utilă, dar urmează a se cerceta dacă efectul nu este influenţat şi de alte condiţii locale, între altele de natura subsolului, de apele subterane, de zăcăminte metalifere, sau de materii radioactive, care ionizează aerul.

S'au înregistrat observaţii remarcabile în ceeace priveşte eficacitatea măsurilor de protecţie. Statisticile arată uneori intuitiv că după aplicarea treptată a unor măsuri de protecţie, frecvenţa deranjamentelor scade, chiar dacă măsurile nu sunt complete sau perfecte.

Pe linii de 100 kV se poate realiza o protecţie oarecare prin efectul corona, dar din experienţa de exploatare s'a constatat că această protecţie nu este suficientă. Nu este cazul ca propuneri pentru achiziţionarea de parafulgere să fie amânate pe motivul că protecţia oferită de efectul corona este suficientă.

La multe staţii se poate prevede o îmbunătăţire a *protecţiei directe*, cu atât mai mult cât aceasta nu reprezintă un efort tehnic şi financiar prea mare. Deobicei conductorul de protecţie nu se introduce în staţii sau în posturi de transformare. La linii de 100 şi 60 kV prescripţiile sovietice prevăd prelungirea conductorului de protecţie până deasupra staţiei şi legarea lui la construcţiile metalice ale staţiei. Nu se prevede acest lucru pentru tensiuni mai mici de 35 kV, pentru evitarea de conturnări inverse în staţii cu un nivel de izolaţie redus.

Se confirmă constatarea că în cazurile când reţelele sunt stinse prin bobine acordate, defectele din supratensiuni scad cu cca 50%, fără alte măsuri de protecţie, deoarece orice arc de conturnare monofazic este anihilat şi stins de bobină înainte de a produce pagube.

In multe reţele există bobine de stingere, sau transformatori care au bobine de stingere în secundar. De multe ori aceste bobine funcţionează încă, dar efectul lor, care pe timpuri a fost foarte bun, este redus, deoarece inductanţa nu este acordată cu capacitatea reţelei. In prezent aceasta din urmă a crescut considerabil, astfel că bobinele nu mai pot stinge curenţii de punere la pământ, decât parţial. In astfel de cazuri trebue să se calculeze curenţii de punere la pământ şi să se propună o regrupare a reţelei în vederea acordării bobinelor sau a instalării de bobine de stingere noui.

De multe ori organele tehnice locale sunt mulţumite de protecţii învechite cum este cea de tip Bendmann, care azi se consideră complet insuficientă faţă de mijloacele moderne în uz. Această protecţie bazată pe funcţionarea unui releu electromagnetic nu acţionează suficient de rapid, trăsnetul având o desfăşurare în timp de câteva microsecunde. Aparatul de protecţie respectiv este mai de grabă apt pentru a stinge arcul care se produce decât a-l amorsa printr'o rezistenţă mică la pământ.

In instalaţiile existente măsurile de protecţie luate şi aparatajul este foarte diferit după data instalării lui. Deobicei măsurile de protecţie nu sunt aplicate în mod uniform şi se întâmplă ca şi metodele să fie diferite.

Există păreri diferite în ce priveşte tratarea punerii la pământ a instalaţiilor de protecţie. In anumite instalaţii legătura la pământ a parafulgerelor este legată la centura staţiei, la altele nu.

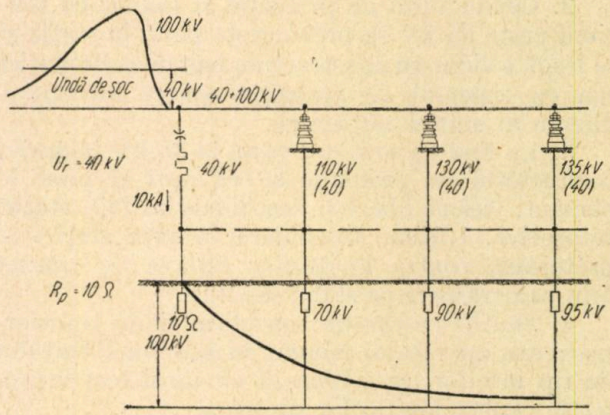


Fig. 7. — Tratarea legăturilor la pământ ale parafulgerelor

Ce se întâmplă dacă nu se face această legătură se poate vedea în fig. 7. Când un curent de 10 kA trece printr'o priză cu o rezistenţă de 10 ohmi se produce o cădere de tensiune de 100 kV care se adaugă la tensiunea reziduală a parafuigerului şi se aplică izolaţiei staţiei. Izolatorii de medie tensiune pot fi conturnaţi dacă nu se face această legătură. Cauza pentru care a fost oarecare îndoială asupra legăturii a fost criteriul siguranţei personalului faţă de şocuri de tensiune, dar această temere a dispărut dovedindu-se caracterul lor nepericulos, ţinând

seama de efectul pelicular la variaţii atât de rapide ale curentului.

Coordonarea izolaţiei se poate îmbunătăţi în multe reţele şi staţii. S'a confirmat că în staţii în care se instalează aparataj a cărui izolaţie are un nivel inferior izolaţiei liniei, apar defecte urmate de întreruperi.

In practică şi pe teren s'a confirmat în general, ceeace în teorie s'a dedus prin consideraţii analitice. Astfel punctele vulnerabile ale instalaţiilor coincid într'adevăr cu punctele de reflexie ale undelor. S'au găsit defecte cumulate la capetele deschise ale liniilor şi ele au dispărut imediat ce liniile s'au buclat; s'au găsit acolo, unde stâlpii liniilor de înaltă tensiune nu sunt executaţi în condiţii bune.

PRESCRIPŢII ŞI RECOMANDĂRI SOVIETICE

Având în vedere progresul tehnic rapid în ce priveşte metodele şi mijloacele de protecţie, cât şi experienţa uneori incompletă şi în orice caz neomogenă a organelor tehnice de exploatare, se impune a se stabili norme unitare privind măsurile de protecţie. Experienţa ce s'a acumulat prin observaţii organizate şi prin încercarea multor aparate de protecţie în Uniunea Sovietică a fost publicată într'un număr mare de lucrări (5) şi este cristalizată în prescripţiile sovietice relative la protecţia contra supratensiunilor atmosferice (6). Redăm în cele de mai jos principiile de bază ale acestor prescripţii.

1. *Liniile aeriene* se echipează cu conductori de protecţie cel puţin 1 km în faţa staţiilor de transformare sau de conexiune.

2. Conductorul de protecţie al liniilor cu tensiuni peste 35 kV se prelungeşte până în staţie şi se leagă solidar cu construcţiile metalice ale staţiei sau cu sistemul de protecţie contra loviturilor directe al staţiei respective.

3. La linii cu tensiuni până la 35 kV inclusiv, conductorul de protecţie se va opri şi pune la pământ, lăsând liberă o deschidere în faţa staţiei respective. Ultima deschidere în faţa staţiei se protejează contra loviturilor directe de trăsnet prin paratrăsnete pe stâlpi separaţi.

4. *Staţiile aeriene* de conectare şi de transformare sau aparatajul montat în exterior al staţiilor de tip interior, se echipează cu un sistem de protecţie contra loviturilor directe.

Staţiile cu tensiuni până la 35 kV inclusiv se protejează contra loviturilor directe prin paratrăsnete verticale pe stâlpi, sau construcţii separate de construcţia care susţine conductorii izolaţi. Acest sistem de protecţie se combină cu protecţia directă pe deschideri neprotejate ale liniei ce intră în staţie.

La staţiile aeriene sau aparataj de exterior cu tensiuni peste 35 kV sistemul de protecţie se va putea lega de construcţia de fier a staţiei. Acest sistem se compune din paratrăsnete verticale sau din fire de conductori de protecţie similari cu cei întrebuinţaţi la linii, însă dispuşi astfel încât să cuprindă în zona lor de protecţie orice element sub tensiune a staţiilor respective.

5. Pentru protecţia directă a posturilor de transformare de tip exterior mai importante se prevăd paratrăsnete verticale.

6. Priza de pământ a paratrăsnetelor directe în staţii cu tensiuni până la 35 kV se separă de alte prize de pământ ale staţiei şi se dispune la o distanţă de cel puţin 5 m de oricare altă priză de pământ. Rezistenţa prizei de pământ a paratrăsnetelor trebue să fie mai mică de 25 ohmi. La staţii cu tensiuni peste 35 kV prizele de pământ ale paratrăsnetelor montate direct pe construcţiile metalice ale staţiei sunt comune cu prizele centurei de protecţie. Nu se admite montarea de paratrăsnete pe construcţiile metalice ale transformatorilor cu înfăşurări având tensiuni sub 35 kV. In cazurile când paratrăsnetele sunt montate pe alte construcţii decât cele care susţin conductorii izolaţi sub tensiune, prizele vor fi separate şi dispuse la o distanţă de cel puţin 5 m de alte prize de pământ. Rezistenţa acestor prize va fi de cel mult 25 Ω.

7. Principii pentru instalarea parafulgerelor indirecte:

a) Parafulgere tubulare se instalează pe linii aeriene în puncte de derivaţie (pe toate derivaţiile), la traversări de căi de comunicaţii, în puncte finale ale liniei şi la circa 100—200 m înaintea intrării în staţii.

b) Posturile de transformare aeriene se protejează cu *parafulgere cu rezistenţă neliniară* sau, în lipsă, cu *parafulgere tubulare*.

c) Pe linii având conductori de protecţie montaţi numai pe 1—2 km în faţa staţiei sau având introduceri în cablu mai lungi de 30 m se instalează parafulgere tubulare la primul stâlp, care poartă un conductor de protecţie, respectiv la capul cablului, priza respectivă trebuind să aibă o rezistenţă mai mică de 10 Ω. In cazul când această condiţie nu se poate satisface, şi parafulgerele dela intrarea în staţii vor avea o priză de cel mult 10 Ω.

d) Pe linii cu conductori de protecţie pe toată lungimea în general nu se prevăd parafulgere tubulare.

e) Se instalează parafulgere pe intrările în staţii a liniilor cu tensiuni peste 15 kV şi anume:

La staţii importante şi cu tensiuni până la 35 kV inclusiv *parafulgere cu rezistenţă neliniară* montate înaintea separatorilor de linie şi a cuţitelor de punere la pământ a liniei.

La staţii cu tensiuni peste 35 kV în lipsă de parafulgere cu rezistenţă neliniară se vor putea instala parafulgere tubulare.

La staţii aeriene mari cu tensiuni peste 35 kV se instalează parafulgere şi pe bare, sau direct pe intrările transformatorilor.

In prizele parafulgerelor din staţii se cere o rezistenţă mai mică de 10 Ω.

8. Tratarea legăturilor la pământ a parafulgerelor indirecte se face în felul următor:

Parafulgerele tubulare şi cu rezistenţă neliniară care se montează în staţii vor avea o priză separată pe fiecare complet de 3 bucăţi, însă legătura la această priză a parafulgerelor se va uni

printr'un conductor de aceeaşi secţiune, pe cel mai scurt drum, cu centura de protecţie a staţiei.

La posturi de transformare şi staţii de mică importanţă se poate renunţa la o priză separată pentru parafulgere dacă legătura cu centura de protecţie se execută în condiţiile arătate mai sus.

9. Uşile metalice de intrare în staţii, cadrele ferestrelor şi şinele de cale ferată nu se leagă la centura de protecţie.

CONCLUZII

Cunoscând structura fizică a fenomenelor electrice a atmosferei, efectele supratensiunilor produse pe linii şi în instalaţii de trăsnete, cât şi, în limita posibilităţilor date, măsurile de protecţie cele mai adecuate, dar mai ales aplicând măsurile de protecţie prevăzute de prescripţiile sovietice, numărul şi gravitatea deranjamentelor produse de trăsnete şi de supratensiuni se va putea reduce în mod eficace. Drumul către acest deziderat nu este însă atât de simplu şi cere un efort comun important din partea inginerilor şi tehnicienilor chemaţi să rezolve problemele locale şi de ansamblu ce se pun în legătură cu alegerea metodelor şi construcţia aparatelor de protecţie contra supratensiunilor atmosferice.

Această scurtă expunere a avut scopul de a amorsa şi actualiza preocupări şi studii pe o scară cât mai largă în vederea rezolvării problemelor principale din acest domeniu, ce se pun inginerilor şi tehnicienilor noştri.

Bibliografie

(1) *Stekolnikov I. S.* şi alţii: Protecţia imobilelor şi construcţiilor industriale contra descărcărilor atmosferice. Ed. Academiei de ştiinţe U.R.S.S., Moscova, 1951.

(2) *Capţov N. A.*: Fenomenele electrice în gaze şi vid. Gosenergoizdat, 1950.

(3) *Sirotinski L. I.*: Tehnica înaltelor tensiuni, I. Gosenergoizdat, 1951.

(4) *Mihailov V. V.*: Calculul şi construcţia aparatajului de înaltă tensiune. Gosenergoizdat, 1951.

(5) *Burgsdorf*: Cercetarea protecţiei contra descărcărilor atmosferice a unui sistem energetic. Electricestvo, 2 (1949).

(6) Ministerul Unional al Centralelor Electrice: Norme pentru executarea instalaţiilor electrice. Moscova, Gosenergoizdat, 1951.

★

ПРИНЦИПЫ ПРЕДОХРАНЕНИЯ ОТ АТМОСФЕРНЫХ СВЕРХНАПРЯЖЕНИЙ

Резюме

Предохранение от атмосферных сверхнапряжений невозможно улучшить без хорошо обоснованного изучения процессов. Излагается актуальная стадия знаний о молниях и их эффектах в проводах и электрических установках. Указывается на роль рефлексий и амортизаций посредством скин-эффекта (поверхностного эффекта) и явления короны, а также приборов для измерения главных параметров молнии.

При работе было установлено соответствие между процессами появляющимися при повреждениях и порче и теми, которые были были предусмотрены теоретическим путем. Для придания единообразия методам защиты и для постановки их на твердые начала, рекомендуется применять советские предписания.

★

CALCULUL DE REZISTENȚA MECANICĂ A LINIILOR ELECTRICE DE TRANSPORT

Ing. N. SINREICH

Se deduce, pornind din ecuația lanțului, un grafic pentru relațiile între tensiunea, săgeata și temperatura liniilor de transport la diferite deschideri. Se arată aplicația grafică a criteriului cunoscut, care din cele două condiții trebue luat în considerare la dimensionare: solicitare maximă a materialului la O °C la greutate proprie plus greutatea adițională, sau tensiunea maximă la — 30 °C, însă fără greutate adițională.

Lucrarea de față se ocupă cu calculul solicitărilor mecanice și a săgeților liniilor electrice, montate pe stâlpi, chiar cu distanțele mai mari între ele, indiferent dacă punctele de fixare ale conductorilor au același nivel — linia orizontală — sau nivel diferit, cum este cazul la liniile pe teren înclinat.

Există o serie de lucrări, o literatură întreagă, care se ocupă cu rezolvarea acestei probleme. Ele caută să elaboreze metode grafice de calcule rapide, pentru a da proiectantului posibilitatea de a ocoli calculele pur analitice, care în cazul de față sunt destul de complicate și greoaie.

Numărul mare al acestor metode, după care a fost tratată tema în decursul anilor, pare însă să fie o dovadă că nici una din metodele cunoscute, nu satisfac cerințele practice din toate punctele de vedere.

Aceste cerințe pot fi formulate în modul următor:

1. Metoda de calcul să fie grafică.
2. Tabloul grafic să fie independent de materialul conductorului, adică să nu fie nevoe de mai multe tabele pentru materiale diferite ca Cu, Al, etc.
3. Operația de calcul să fie simplă.
4. Tabloul propriu zis să fie ușor de construit, adică ar fi de dorit să se compună numai din linii drepte și scări lineare.
5. Dacă într'un caz special unele puncte cad în afara tabloului, atunci extrapolarea lor să fie ușoară și să nu implice trasarea unor curbe, mai mult sau mai puțin complicate. Această condiție este satisfăcută, dacă tabloul se compune numai din linii drepte cum se cere sub nr. 4.
6. Pentru calcul să nu fie nevoe de valori „critice", ca „deschiderea critică" „temperatura critică", etc., care cer alte calcule prealabile sau tabele speciale.
7. Trecerea de greutate proprie la o greutate combinată să nu necesite considerații complicate.
8. Tabloul să fie valabil pentru deschideri orizontale cât și pentru deschideri înclinate, la care, cum este cunoscut, solicitarea maximă depinde și de inclinația câmpului de deschidere.

Autorul prezintă în cele ce urmează o metodă grafică de calcul, care ține cont de condițiile mai sus trasate. Metoda este elaborată astfel, încât include și câmpurile de deschidere extrem de mari (până la 800 m).

Pentru cazul general unui câmp înclinat (fig. 1) sunt valabile următoarele ecuații, a căror deducție poate fi considerată cunoscută, deci nu o vom mai repeta.

$$y = h \operatorname{ch} \frac{x}{h} \qquad (1)$$

$$h = \frac{a\sigma m}{c\gamma} \qquad (2)$$

$$d = \frac{\sigma m}{\gamma}\left(\operatorname{ch} \frac{a}{2h} - 1\right) \qquad (3)$$

$$\sigma_2 = \sigma m + \gamma\left(d + \frac{b}{2}\right) \qquad (4)$$

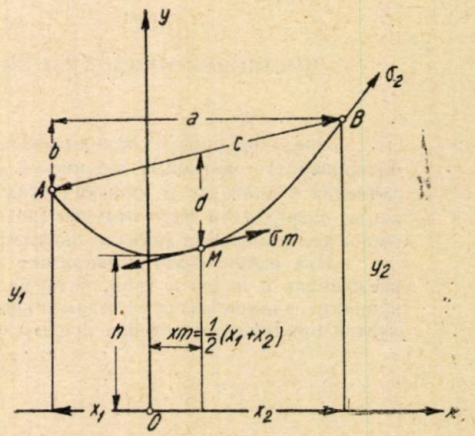


Fig. 1. Linia lanțului

în care: σ_2 — solicitarea mecanică în punctul B, în kg/mm²;

d — săgeata, m;

c — distanța reală între punctele de fixare A și B, m;

a, b — proecția ei orizontală și verticală, m;

γ (în kg/mm² m) — greutatea specifică a conductorului, eventual încărcarea adițională inclusiv.

Având în vedere că vrem să includem și deschideri extrem de mari, s'a plecat dela ecuația cunoscută unui lănțișor a cărei expresie matematică este cos h.

Pentru o manipulare mai ușoară, mai introducem un parametru

$$p = \frac{c\gamma}{2\sigma m} \qquad (5)$$

astfel încât putem scrie plecând dela (2)

$$h = \frac{a}{2} \cdot \frac{2\sigma m}{c\gamma} = \frac{a}{2p} \qquad (6)$$

totodată (3) devine:

$$d = \frac{c}{2} \cdot \frac{2\sigma m}{c\gamma} \left(\operatorname{ch} \frac{a}{2h} - 1 \right) = \frac{c}{2} \cdot \frac{1}{p} (\operatorname{ch} p - 1) \qquad (7)$$

sau

$$100 \frac{d}{c} = \frac{50}{p} (\operatorname{ch} p - 1) \qquad (8)$$

Aici $\frac{d}{c}$ dc nu este altceva decât săgeata raportată la deschidere sau aşa numita „săgeată relativă" pentru care s'a introdus în literatură semnul φ, deci vom putea scrie:

$$\varphi\% = \frac{50}{p} (\operatorname{ch} p - 1) \sim 25\, p \qquad (9)$$

Pe de altă parte, înmulţind (4) cu $\frac{2}{c\gamma}$ putem scrie

$$\frac{2\sigma m}{c\gamma} = \frac{2\sigma 2}{c\gamma} - 2 \frac{d}{c} - \frac{b}{c}$$

ceeace în combinaţie cu (7) ne duce la ecuaţia

$$\left(\frac{2\sigma_2}{c\gamma} - \frac{b}{c} \right) = \frac{1}{p} \operatorname{ch} p \sim \frac{1}{p} + \frac{p}{2} \cdot \qquad (10)$$

Aproximaţiile (9) şi (10) s'au obţinut prin desvoltarea într'o serie a ch, dela care s'au întrebuinţat numai primii doi termeni. Această aproximaţie este admisibilă atât timp cât p rămâne sub 1. Se poate arăta însă că şi pentru valori extrem de nefavorabile, p nu întrece unitatea. De exemplu pentru $c = 800$ m, $\gamma = 20 \cdot 10^{-3}$ kg/mm², $\sigma m = 10$ kg/mm², valoarea p devine egal cu 0,8.

Un calcul mai exact, adică cu mai mulţi termeni ai seriei pentru ch, nu ar avea niciun rost, pentru că şi ecuaţia termică, pe care o vom introduce mai jos, conţine unele neglijări, astfel încât nu poate servi decât tot pentru $p<1$.

Având în vedere (9), introducem (10). $p = \frac{\varphi}{25}$ şi ajungem la ecuaţia finală

$$\frac{2\sigma_2}{c\gamma} - \frac{b}{c} = K = \frac{25}{\varphi} + \frac{\varphi}{50}. \qquad (11)$$

S'a căpătat în felul acesta o relaţie generală între σ_2 şi φ, care este valabilă pentru deschideri orizontale cu $b = 0$ şi $a = c$ şi pentru deschideri înclinate şi mai ales pentru deschideri extrem de mari. Pentru un calcul mai uşor se dă pentru ecuaţia (11) graficul din fig. 2.

Exemple: *1.* Avem o deschidere orizontală cu $a = c = 100$ m şi întindem o sârmă de Cu cu $\gamma = 8{,}9 \cdot 10^{-3}$ kg/mm². Pentru ca solicitarea să nu treacă peste $\sigma_2 = 16$ kg/mm² este nevoe să ajustăm o săgeată care rezultă din următoarele:

$$\text{Avem } \frac{2\sigma_2}{c\gamma} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 10^3}{100 \cdot 8{,}9} = 36 \text{ deci } \varphi = \frac{25}{36}$$

$$\varphi = 0{,}695.$$

adică $d = a\varphi/100 = 0{,}695$ m.

2. Avem o deschidere înclinată cu $c = 300$ m, $b = 100$ m şi urmează să întindem o funie de Cu, aşa încât să fie $\sigma_2 = 10$ kg/mm; calculăm deci

$$K = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^3}{300\ 8{,}9} - \frac{100}{300} = 7{,}48 - 0.33 = 7{,}15$$

şi citim din graficul $\varphi = 3{,}5\%$, adică

$$d = \frac{300 \cdot 3{,}5}{100} = 10{,}5 \text{ m.}$$

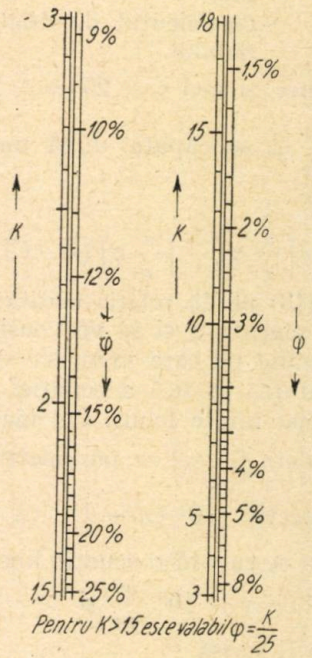


Fig. 2.

3. Avem o deschidere de $a = 600$ m. Intindem o funie de Cu cu $d = 120$ m săgeată. Deci $\varphi = 20\%$ şi conform (11)

$$K = \frac{25}{20} + \frac{20}{25} = 1{,}25 + 0{,}4 = 1{,}65 = \frac{2\sigma_2}{a\gamma}$$

rezultă deci $\sigma_2 = \frac{2}{1} \cdot 600 \cdot 8{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}65 = 4{,}4$ kg/mm².

Ecuaţia (11) nu este însă suficientă. Ea ne dă posibilitatea să calculăm cu ce săgeată trebue să întindem funia când vrem să atingem o solicitare dată în momentul întinderii. Nu suntem însă lămuriţi despre solicitările care se stabilesc în funie şi dacă funia odată întinsă, rămâne mai departe expusă influenţei temperaturii aerului ambiant sau a radiaţiei soarelui. Temperatura funiei poate să ajungă iarna, de exemplu la − 30 °C. In acest caz, ea se strânge şi solicitarea creşte considerabil. Vara, pe de altă parte, funia poate să ajungă la o temperatură de +50 °C. Atunci ea se va dilata şi capătă o săgeată mult mai mare decât cea la montaj. Deasemenea şi iarna, din cauza încărcărilor adiţionale, ea poate căpăta o săgeată mare. Se poate întâmpla ca distanţele prescrise de IRE între funie şi sol pe de o parte şi solicitările funiei pe de altă parte, să nu fie menţinute.

Avem deci nevoe de o relaţie între temperatura t şi solicitarea σ_2 sau săgeata φ. Această relaţie, cum este cunoscută, are pentru deschideri înclinate forma

$$\sigma m - \frac{E}{24}\left(\frac{a\gamma}{\sigma_m}\right)^2 + \alpha\ E \cdot t = \text{constant} \qquad (12)$$

în care : σ_m — solicitarea în punctul M, în kg/mm²;
E — elasticitatea materialului, în kg/mm².
α — coeficientul de dilatare a materialului.

Se introduce şi aici $\varphi = 25\ p = 25\ \frac{c\gamma}{2\sigma_m}$ = sau $\sigma_m = 100\ \frac{c\gamma}{8\varphi}$ şi se capătă după unele transformări simple

$$10^6\ \frac{a\gamma}{8E} - \frac{8}{3}\left(\frac{a}{c}\varphi\right)^3 + \left(\frac{a}{c}\varphi\right)(\alpha t - C)\cdot 10^4 = 0. \qquad (13)$$

Ecuaţia (13) ne dă relaţia cerută între temperatura t şi săgeata φ şi se va considera ca baza tabloului grafic pe care vrem s'o construim.

Reprezentarea grafică a ecuaţiei (13) poate fi făcută în mai multe feluri. Cel mai simplu este să se considere $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ ca parametru şi termenii $10^6\ \frac{a\gamma}{8E}$ respectiv $10^4\ (\alpha t - C)$ ca variabili. In cazul acesta se capătă o ecuaţie lineară între cele două variabile $y = 10^6\ \frac{a\gamma}{8E}$ şi $x = 10^4\ (\alpha t - C)$.

Ea poate fi scrisă

$$y = a - bx \qquad (14)$$

unde s'a introdus

$$a = \frac{8}{3}\left(\frac{a}{c}\varphi\right)^3 \text{ şi } b = \left(\frac{a}{c}\varphi\right). \qquad (15)$$

Se vede că ecuaţia (14) apare într'un sistem decoordonate lineare x, y ca linia dreaptă care poartă denumirea $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$.

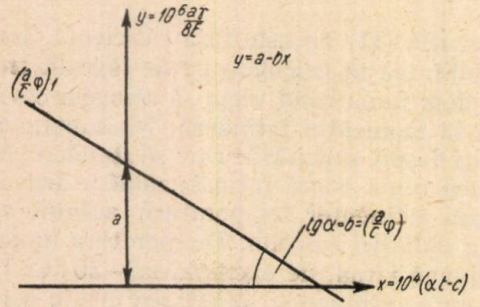


Fig. 3. Relaţia dintre temperaturi şi săgeata φ.

Dreapta este uşor de trasat întrucât pentru $x = 0$ devine $y = a$, ca atare, dreapta trece prin axa y la o înălţime $a = \frac{8}{3}\left(\frac{a}{c}\varphi\right)^3$ şi are faţă de x o inclinaţie tg $\alpha = b = \left(\frac{a}{c}\varphi\right)$.

Astfel, pentru diferite valori $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ se obţine o serie de drepte (fig. 4), care în principiu constitue deja tabela noastră.

Dacă se trage în acest tablou o linie orizontală la o înălţime oarecare corespunzătoare unei valori $y = 10^6\ \frac{a\gamma}{8E}$, atunci găsim toate punctele de regim posibile pe intersecţiile acestei orizontale la diferite drepte $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$. Abscisele acestor puncte de intersecţie ne dau temperaturile, la care se stabilesc săgeţile respective.

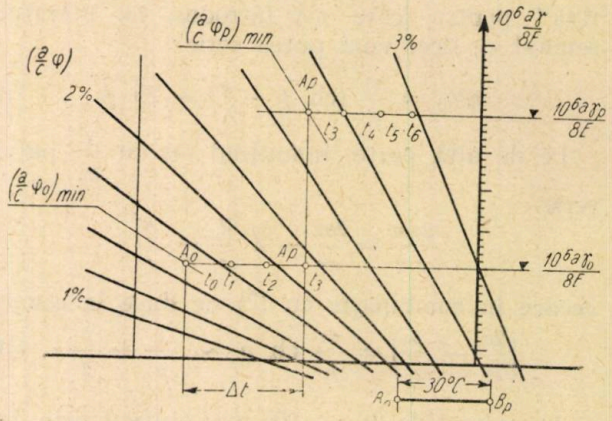


Fig. 4. Relaţia dintre tensiune, temperaturi t şi săgeţi φ

Trebue însă întâi stabilit scara axei x, care deocamdată încă nu este cunoscută.

Conform definiţiei avem :

$$x = 10^4\ (\alpha t - C),\ \text{deci}\ \Delta x = 10^4\ \alpha \Delta t.$$

Aceasta înseamnă că pentru $\Delta t = 10\ ^\circ C$ vom avea un pas $\Delta x_{10} = 10^5 \alpha$ şi dacă se cuvine ca o unitate pe axa x să fie egală cu 10 mm, vom avea $\Delta x_0 = 10^6\ \alpha$ mm, la cupru de exemplu scara de temperatură va avea un pas de 17 mm pentru 10 °C, la alamă pasul va fi de 23 mm, etc. Desemnăm deci o scară cu denumirea $10^6\ \alpha$ dela care putem transpune distanţa corespunzătoare pentru 10°, în tabloul nostru (fig. 5).

Măsurând acum distanţa între t_0 şi t_3 — fie această distanţă egală cu 30 mm, se va putea spune la cupru, că t_3 este cu $\frac{30}{17} = 1{,}77 \times 10^\circ =$ 17,7 °C mai mare decât t_0. Adică dacă $t_0 = 20\ ^\circ C$, atunci t_0 va fi 30 — 17,7 = 12,3 °C.

Scara x ne dă astfel numai valori de diferenţa de temperatură între diferitele puncte şi avem libertatea de a atribui unuia din aceste puncte o temperatură oarecare. Această posibilitate reiese clar din ecuaţia $x = 10^4\ (\alpha t - C)$ unde avem o constantă C, de care putem dispune aşa, încât urmează să ne conformăm unor condiţii date.

Dacă ni se cere să întindem o funie cu o anumită greutate specifică γ la o deschidere a, astfel încât la 10° să nu întrecem σ_2 kg/mm², vom afla întâi prin (11) care este săgeata relativă φ necesară în acest caz apoi se va calcula $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ şi se

va căuta intersecţia dreptei $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ cu orizontala prin $10^6 \frac{a\gamma}{8E}$. Acestui punct i se atribue temperatura de 10°. Toate celelalte puncte sunt apoi determinate prin distanţa lor faţă de temperatura primului punct de plecare.

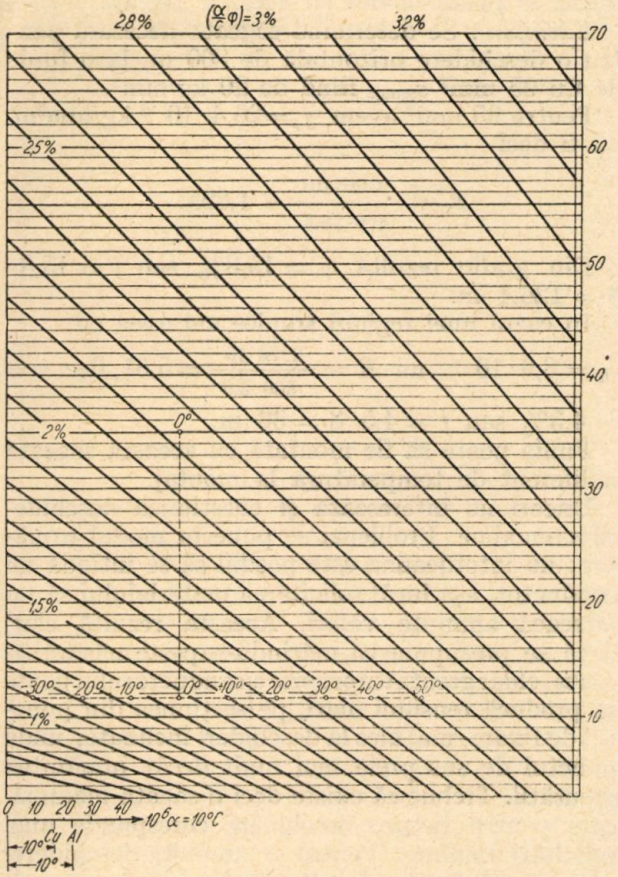


Fig. 5. Grafic pentru tensiune, săgeata şi temperatura.

Scara de temperatură odată determinată, prin condiţia dată, ea rămâne aceeaşi pentru toate punctele de regim, indiferent dacă y se mai schimbă sau nu, adică γ. Cu alte cuvinte, dacă în cazul de mai sus greutatea specifică γ se schimbă, adică intervine o încărcare adiţională şi rezultă un γ_p, aflăm săgeata respectivă ducând o linie verticală dela punctul iniţial, determinat prin a, γ, $\frac{a}{c}\varphi$, şi t până la noua valoare de y, determinată prin a γ_p — (fig. 4).

In realitate normele IRE prescriu două condiţii diferite: solicitarea materialului $\gamma_{r\,max}$ la 0 °C la greutatea proprie, plus greutatea adiţională care nu trebue să întreacă anumite valori, dar şi la — 30 °C (însă fără greutate adiţională) urmează să nu fie întrecute aceste valori limite (sau alte valori $\sigma_{2\,max}$,...).

Procedeul de calcul va fi deci următorul:

Sunt date $\sigma_{2\,max}$, γ_0, γ_p, α, E şi a, b, c. Determinăm întâi cu ajutorul lui (11) din $\left(\frac{2\sigma_{2}\,max}{c\gamma_0} - \frac{b}{c}\right)$ o valoare φ_{0min}, respectiv $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)_{0\,min}$, analog din $\left(\frac{2\sigma_{2}\,max}{c\gamma} - \frac{b}{c}\right)_{min}$ şi căutăm punctele A_0 şi A_p în tabela de calcul.

Găsim punctul A în intersecţia ordinatei $10^6 \frac{a\gamma p}{8E}$ cu $\frac{a}{c}\varphi_{pmin}$. Se ştie apoi că trebue să fie sau 0° în A_p sau — 30° în A_0, căci acestea sunt condiţiile normelor. Pentru a decide care din aceste două posibilităţi este valabilă, se face următorul raţionament: se ia o distanţă B_0B_p echivalentă cu 30° şi se suprapune cu B_0 peste A_0. Dacă B_p cade în partea dreaptă a verticalei prin A_p — adică dacă $\Delta_t < 30°$, atunci se poate fixa 30° pentru A_0, deoarece în acest caz, verticala B_p sau temperatura 0° taie linia $10^6 \frac{a\gamma_p}{2E}$ într'un $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ mai mare decât $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)_{p\,min}$, deci suntem siguri că σ_2 corespunzător acestui $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ va fi mai mic decât limita admisă σ_{2max} cu care s'a determinat $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)_{p\,min}$.

Dacă invers B_p cade în stânga verticalei A_p — cazul $\Delta_t < 30°$ — atunci trebue să se fixeze pentru A_p temperatura de 0 °C. Dovadă, dacă suprapunem B_p peste A_p, atunci cade B_0 în dreapta punctului A_0, ceea ce înseamnă că la — 30° se va stabili un $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ mai mare decât $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)_{0\,min}$, deci σ_2 corespunzător acestui $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ va fi mai mic decât limita $\sigma_{2\,max}$ admisă, cu care s'a calculat $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)_{0\,min}$.

Se poate deci stabili o regulă:

$$\text{pentru } \Delta_t \gtrless 30° \text{ se va fixa } \begin{cases} A_p = 0\ ^0\text{C} \\ A_0 = -\ 30\ ^\circ\text{C}. \end{cases}$$

Fiind acum în posesia tuturor elementelor pentru a putea întrebuinţa tabela grafică fig. 5, vom calcula un exemplu: O funie de Cu 95 mm² să fie întinsă la o deschidere de $c = 150$ m cu $b = 60$ m diferenţă de nivel între cele două puncte de fixare, astfel încât $\sigma_2 = 20$ kg/mm² să nu fie întrecut nici sub 0° la greutatea adiţională $\gamma_p = 26{,}44 \cdot 10^{-3}$ nici sub — 30° cu greutatea proprie — $\gamma_0 = 8{,}9 \cdot 10^{-3}$ kg/mm².

Avem deci următoarele date:

$$\gamma_0 = 8{,}9 \cdot 10^{-3} \qquad \gamma_p = 26{,}44 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mm}^2, \text{ m}$$

$$\sigma_{2max} = \sigma'_{2max} = \sigma_{2max} = 20 \text{ kg/mm}^2.$$

$$E = 1{,}3 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2, \qquad \alpha = 17 \cdot 10^{-6}$$

$$a = \sqrt{150^2 - 60^2} = 137{,}5 \text{ m}, \quad \frac{b}{c} = \frac{60}{150} = 0{,}4$$

Se calculează:

$$10^6 \frac{a\gamma_0}{8E} = 10^6 \frac{137{,}5 \cdot 8{,}9 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 1{,}3\ 10^4} = 11{,}75$$

şi analog $10^6 \frac{a\gamma_p}{8E} = 11{,}75 \cdot \frac{26{,}44}{8{,}9} = 35$

Avem deci

$$\left(\frac{2\sigma_2}{c\gamma_0} - \frac{b}{c}\right) = \frac{2\ 20\ 10^3}{150\ 8{,}9} - 0{,}4 = K_0 = 29{,}6$$

și $\left(\frac{2\sigma_2}{c\gamma_p} - \frac{b}{c}\right) \frac{2\ 20 \cdot 10^3}{150\ 26{,}44} - 0{,}4 = K_p = 9{,}68.$

Se determină acum $\varphi_{0\min} = 25/29{,}6 = 0{,}845\%$ și conform graficului din fig. 2 $\varphi_{p\min} = 2{,}61\%$. Rezultă deci

$$\left(\frac{a}{c}\varphi_0\right)_{\min} = 0{,}845 \cdot \frac{137{,}5}{160} = 0{,}725\%,$$

respectiv $\left(\frac{a}{c}\varphi_p\right)_{\min} = 2{,}61 \cdot \frac{137{,}5}{160} = 2{,}24\%.$

Cu aceste valori căutăm în tabelă și găsim A_0 ca intersecție între orizontala prin $10^6 \frac{a\gamma_0}{8E} = 11{,}75$ cu $\left(\frac{a}{c}\varphi_0\right)_{\max} = 0{,}725\%$ analog A_p că intersecție, între liniile

$$10^6 \frac{a\gamma_v}{8E} = 35 \text{ și } \left(\frac{a}{c}\varphi_p\right)_{\max} = 2{,}24.$$

In cazul de față A cade în afara tabelului, însă se pot ușor prelungi liniile respective ca să găsim A_0.

Se vede însă înainte că distanța orizontală între A_0 și A_p este cu mult mai mare decât cele 30° prescrise de IRE, deci se atribue punctului A_p temperatura de 0°. Plecând dela 0 °C se transpune acum distanța $\Delta t = 10°$, care rezultă din scara $10^6\ \alpha = 17$ (temperaturile între $-30°$ și $+50°$) pe orizontala prin 11,75 și găsim următoarele valori $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$, vezi tabela 1.

Tabela 1

t C	$\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$	φ%	K	σ_2/kg/mm²	f m
−30	1,1	1,28	19,52	13,3	1,92
−20	1,22	1,42	17,63	12,0	2,135
−10	1,35	1,57	15,93	10,9	2,36
0	1,48	1,725	14,53	9,73	2,59
+10	1,60	1,865	13,44	9,0	2,80
+20	1,72	2,00	12,54	8,40	3,00
+30	1,85	2,155	11,64	7,78	3,24
+40	1,98	2,305	10,9	7,30	3,46
+50	2,10	2,445	10,45	6,98	3,675
0	2,24	2,60	9,68	20,0	3,91

cu încărcare adițională

Atragem atenția asupra unui lucru de altfel cunoscut, după cum se poate observa din graficul paginei, distanțele orizontale între diferitele drepte $\left(\frac{a}{c}\varphi\right)$ se măresc continuu, dacă trecem în valori mai mari de φ. Deja pe lângă $\frac{a}{c}\varphi = 3\%$ ele sunt așa de mari încât acoperă aproape peste 10 °C, la valori mai mari decât circa 8—10% ele sunt de ordine de mărime de 50 °C. Aceasta înseamnă că la deschideri extrem de mari, la care în mod normal și φ-ul este mai mare, diferențele de temperatură nu mai joacă un rol hotărîtor. In aceste cazuri nu mai este necesar să se calculeze un tabel de montaj cu diferite săgeți și la diferite temperaturi.

Se determină numai odată săgeata necesară după (11) respectiv după graficul fig. 2 și conducta se poate monta cu această săgeată.

Exemplu: Se determină săgeata necesară pentru o deschidere orizontală de 800 m, la o funie de Cu 95 mm² $\sigma_{2\max}$ fiind de 20 kg/mm².

Pentru 95 mm² avem $\gamma_p = 26{,}4 \cdot 10^{-3}$ kg/mm²m, va fi deci

$$K = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{800 \cdot 26{,}4} = 1{,}895.$$

Din grafic rezultă $\varphi = 15{,}8\%$ sau $f = 15{,}8 \cdot 8 = 126{,}4$ m.

In cazul unei regiuni tropice am avea cu $\gamma_0 = 8{,}9 \cdot 10^{-3}$ un $K = \frac{2\ 20 \cdot 10^3}{800\ 8{,}9} = 5{,}61$, deci $\varphi = 4{,}5\%$ sau $f = 4{,}5 \cdot 8 = 36$ m.

Funia poate să fie montată cu această săgeată indiferent de temperatura la montaj.

Uneori ne interesează și chestiunea deschiderilor maxime. Problema se pune în modul următor: nu întotdeauna este posibil să se întindă un conductor, așa încât solicitarea materialului să nu întreacă anumite valori. Aceasta rezultă clar, dacă se presupune că, mărindu-se peste măsură săgeata, chiar greutateaproprie a conductorului poate să producă tensiuni mari, pe secțiunea din punctul de fixare, mai ales la deschideri înclinate, unde punctul de sus preia mai mult decât jumătatea greutății. Trebue să existe deci o săgată maximă, care pentru fiecare deschidere corespunde unei solicitări minime. Pentru o anumită deschidere, această solicitare minimă va atinge valoarea admisibilă $\sigma_{2\max}$. Această deschidere este deci deschiderea maximă. Valoarea ei depinde de greutatea conductorului și de solicitarea admisă.

Această situație reiese mai clar din ecuația (11). Menținem $\sigma_2\ \gamma$ și b constant și mărimea c. Se micșorează deci mereu partea din stânga a semnului de egalitate și concomitent trebue să se micșoreze și partea din dreapta semnului de egalitate, deoarece ele sunt egale. Insă tocmai acest lucru la un moment dat nu mai este posibil, funcțiunea $\left(\frac{25}{\varphi} + \frac{\varphi}{50}\right)$ având un minimum, sub care valoarea K nu mai poate să coboare. Acest minimum este

$$K_{\min} = 1{,}51.$$

Se obține această valoare dacă se revine la formula mai exactă $\frac{1}{p}$ ch p, în loc de $\frac{1}{p} + \frac{p}{2}$, prin diferențiere și reducând la zero prima derivată a lui $\frac{1}{p}$ ch p.

In acest scop se desvoltă într'o serie

$$K = \frac{1}{p}\,\mathrm{ch}\,p = \frac{1}{p} + \frac{p}{2} + \frac{p^3}{24} + \frac{p^5}{720} + \ldots \quad (16)$$

şi se diferenţiază

$$K' = -\frac{1}{p^2} + \frac{1}{2} + \frac{3}{24}p^2 + \cdots \qquad (17)$$

Reducând la zero, se obţine după unele încercări

$$P_{k\ min} = 1{,}2.$$

Cu această valoare dobândim

$$K_{min} = \frac{1{,}81}{1{,}2} = 1{,}51.$$

Aceasta înseamnă că valoarea lui $K = \left(\frac{2\sigma_2}{c\gamma} - \frac{b}{c}\right)$ nu poate să fie mai mică decât 1,51, sau dacă mărim deschiderea, micşorând astfel K, se ajunge la valoarea

$$K_{min} = 1{,}51$$

apoi trebue să înceapă să crească şi σ_2 aşa încât K să rămână constant egal cu 1,51. Intrucât, nu putem admite o creştere de σ_2, înseamnă că s'a ajuns la o deschidere maximă.

Astfel există pentru fiecare material de construcţie a liniei o deschidere maximă care se calculează prin :

$$c_{max} = \frac{1}{1{,}51}\left(\frac{2\sigma_2}{\gamma} - b\right). \qquad (18)$$

Deschiderea maximă, cum reiese din ecuaţia (18) este o funcţie a solicitării admisibile a greutăţii specifice a materialului, atât la deschideri înclinate, cât şi la diferenţa de nivel b, între cele două puncte de fixare a conductorului.

A se vedea mai jos o tabelă a valorilor calculate, pentru Cu şi Al, pentru deschideri orizontale ($b = O$).

In γ este cuprinsă şi greutatea adiţională, care se micşorează la secţiuni mai mari, mărindu-se şi deschiderea maximă.

Tabela 2

Deschideri maxime pentru linii orizontale

Material	Cupru	Aluminiu	Oţel	Observaţii
$\sigma_2 max$	20	10	30	
σ = 25	435	—	660	
35	555	—	814	
50	682	386	1010	Calcul pentru linii Cat. I după 18
70	840	488	1280	
95	1000	603	1530	
120	1145	706	—	
150	1285	820	—	
185	1430	940	—	
Pentru toate secţiunile	2950	4900	5000	Pentru regiuni tropice

Dacă nu socotim şi greutatea adiţională, de exemplu pentru regiuni tropice, atunci deschiderea maximă nu mai depinde de secţiune, ci rămâne constant egală cu valoarea din ultimul rând al tabelei.

Urmează a se mai observa că pentru deschiderea maximă, adică pentru $p = 1{,}2$, rezultă din (9)

$$\varphi_{max} = \frac{50}{1{,}2}(\text{ch } 1{,}2 - 1) = 33{,}8.$$

Această săgeată mare, în cele mai multe cazuri nu se va putea realiza.

Deschiderea, din această cauză, în mod pactic va trebui să fie şi mai mică.

★

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Резюме

Исходя из цепного уравнения, выводится график соотношений между напряжением, стрелой изгиба и температурой линии электропередачи, при равных пролетах.

Указано графическое применение известного критерия о том, какое из двух условий следует учесть при определении размеров: максимальная нагрузка материала при 0 Ц при собственном весе плюс дополнительный вес или же максимальное напряжение при 30 Ц, но без дополнительного веса.

★

INFLUENŢA APELOR ASUPRA DISPERSIEI CURENTULUI ELECTRIC IN SOL

Conf. G. MOISIL

Se studiază măsura în care vecinătatea apelor modifică efectele corozive produse de liniile de tracţiune electrică asupra canalizaţiilor şi cablurilor subterane. Se defineşte noţiunea de factor hidrografic şi se dau câteva valori calculate, pentru cazul mărilor, lacurilor şi cursurilor de apă.

Repartiţia curentului electric în sol este influenţată în primul rând de rezistivitatea solului. Mările, lacurile şi cursurile de apă constituind regiuni în care rezistivitatea este inferioară faţă de restul solului, se poate presupune că prezenţa lor modifică substanţial repartiţia curenţilor de dispersie. In consecinţă, în scopul evitării corodării reţelelor de cabluri şi canalizaţii prin curenţi de dispersie este necesar ca la proectarea acestora să se ţină seama de vecinătatea apelor. Intr'adevăr, în diferite prescripţii pentru protejarea cablelor şi canalizaţiilor împotriva coroziunii prin curenţi de dispersie, se atrage atenţia asupra influenţei apelor asupra repartiţiei curenţilor de dispersie. După informaţiile pe care le posedăm însă, în niciuna din prescripţii nu se specifică în ce constă această influenţă şi cât este de importantă.

In prezentul articol, vom căuta să determinăm ordinul de mărime al influenţei mărilor, lacurilor şi cursurilor de apă, în cazul câtorva exemple simple. Concluziile trase pe baza acestor exemple, pot fi extinse pentru cazurile reale, în care condiţiile sunt mult mai complexe.

Primul exemplu pe care îl vom studia este înfăţişat în fig. 1. Intr'un sol de rezistivitate omogenă ρ, se află un conductor *1* de formă cilindrică de raza a_1 şi rezistenţă liniară r_1, de lungime infinită şi aşezat la suprafaţa solului. La o distanţă D_1 de acest conductor se află un al doilea conductor *2* deasemenea de formă cilindrică, de raza a_2 rezistenţa liniară r_2 şi lungime infinită, îngropat paralel cu primul conductor la o adâncime h. La o distanţă D_2 de conductorul *1*, se află ţărmul mării. Fie ρ' rezistivitatea apei de mare.

Suprafaţa de separaţie dintre sol şi mare se consideră ca un plan vertical semi-infinit. Suprafaţa solului se consideră deasemenea plană şi făcând parte din acelaşi plan orizontal infinit, ca şi suprafaţa mării.

Fie un sistem de axe de coordonate, în care axa Ox coincide cu axul conductorului *2*, axa Oz cu verticala, iar axa Oy este perpendiculară pe Ox şi Oz. Fie deasemeni coordonatele de integrare ξ_1 şi ξ_2, dealungul conductorilor *1* şi *2*.

Intr'un punct al conductorului *1*, de abscisă $x = 0$, se aplică o sursă de intensitate I. Aşadar, conductorul *1* creiază un câmp de dispersie, iar conductorul *2* se află sub acţiunea acestui câmp. Densitatea liniară a curentului ce se schimbă între conductorul *2* şi sol, într'un punct de abscisă x, este :

$$j_2(x) = \lambda_2(x)\, I \qquad (1)$$

în care λ_2 este coeficientul de repartiţie a densităţii lineare de curent. El depinde de r_1, r_2, ρ, ρ' şi de condiţiile geometrice ale problemei. Cazul particular $\rho = \rho'$, caracterizat prin valoarea particulară Λ_2, a coeficientului de repartiţie a densităţii lineare de curent, corespunde cazului în care în locul mării se continuă solul, celelalte condiţii electrice şi geometrice rămânând neschimbate.

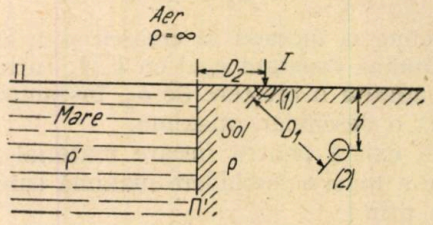


Fig. 1. Mediu eterogen format din aer, mare, sol şi conductorii îngropaţi.

Raportul

$$f_H = \frac{\lambda_2}{\Lambda_2} \qquad (2)$$

caracterizează influenţa mării. El poate fi numit *factor hidrografic*.

Determinarea factorului hidrografic, constă deci în determinarea coeficienţilor de repartiţie λ_2 şi Λ_2.

Pentru calculul lui λ_2 vom folosi metoda de mai jos.

Potenţialul într'un punct $M(x, y, z)$ al unui conductor eterogen care cuprinde t suprafeţe de separaţie $A_1, A_2 \ldots A_h \ldots A_t$ între zonele de rezistivităţi diferite, este o funcţie liniară de intensităţile I^j ale celor n surse aplicate pe conductor :

$$V(x, y, z) = \sum_{j=1}^{n} p_j(x, y, z)\, I^j$$

în care p_j este coeficientul de repartiţie asociat sursei I^j.

$$p_j = \frac{\partial V}{\partial I^j}$$

In exemplul luat, conductorul eterogen este însuş solul şi marea, împreună cu conductorii *1* şi *2*. Fiind o singură sursă aplicată, expresia potenţialului ia forma simplă

$$V(x, y, z) = p(x, y, z)\, I.$$

Coeficientul de repartiţie al potenţialului are expresia :

$$p(x, y, z) = \frac{\rho}{4\pi\, d(x, y, z)} + \sum_{h=1}^{t} \iint_{A_h} \frac{\tau_h\, dA_h}{d_h(x, y, z)} \qquad (3)$$

în care ρ este rezistivitatea în jurul sursei I, $d(x,y,z)$ distanţa dela sursă la punctul M, d_h (x, y, z) distanţa dela un element dA_h al suprafeţei A_h la punctul M, iar τ_h, coeficientul de repartiţie al densităţii de sarcină pe suprafaţa A_h. Dacă densitatea de sarcină ce apare pe suprafaţa A_h datorită sursei I este σ_h atunci

$$\tau_h = \frac{\partial \sigma_h}{\partial I}$$

Din fig. 1 se vede că în exemplul luat, putem considera următoarele suprafeţe de separaţie între medii de rezistivităţi diferite: conductor *1* — sol, conductor *2* — sol, sol-mare, aer-sol, aer-mare. Distribuţia sarcinilor pe suprafeţele de separaţie plane, este dificil de calculat direct, ea poate fi totuş dedusă uşor, folosind teorema sarcinilor imagine.

Astfel, distribuţia de sarcini de pe planul orizontal infinit Π ce separă marea şi solul de aer, poate fi suprimată, cu condiţia de a introduce imaginile faţă de acest plan ale sarcinilor desvoltate pe suprafeţele de separaţie dintre conductorii *1—2* şi sol şi ale sarcinilor desvoltate pe suprafaţa de separaţie mare-sol. Rezistivitatea solului şi a mării, fiind neglijabilă faţă de aceea a aerului, coeficientul de reflexie pe planul Π este $c_0 = +1$. Ansamblul de conductori eterogeni din fig. 1 este echivalent cu ansamblul de conductori eterogeni din fig. 2. Referindu-ne la fig. 2, se

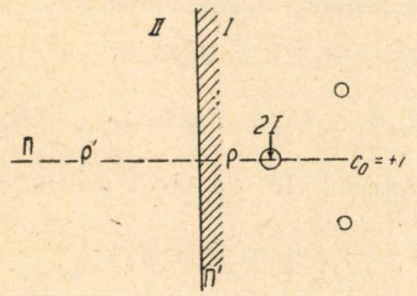


Fig. 2. Inlocuirea distribuţiei de sarcini de pe planul Π' prin introducerea de sarcini imagină.

poate constata că şi distribuţia de sarcini de pe planul de separaţie infinit Π', ce separă mediul de rezistivitate ρ de mediul de rezistivitate ρ', poate fi suprimată cu condiţia de a introduce imaginile faţă de planul Π' ale tuturor sarcinilor desvoltate pe suprafeţele de separaţie cuprinse în mediul de rezistivitate ρ. Coeficientul de reflexie pe planul Π' este

$$c = \frac{\rho' - \rho}{\rho' + \rho}. \qquad (4)$$

Deoarece $\rho' < \rho$, vom avea $c < O$. Ansamblul de conductori eterogeni din fig. 3 este echivalent cu cel din fig. 2 şi deci şi cu cel din fig. 1. Ansamblul de conductori eterogeni din fig. 3 se caracterizează prin 8 suprafeţe de separaţie $A_1,..,A_8$, între medii de rezistivităţi diferite, coeficienţii de repartiţie ai densităţii de sarcină pe aceste suprafeţe fiind $\tau_1,\ldots,\tau_8$. Deasemeni, din figură se vede că pe suprafaţa A_1, se aplică sursa $2I$ şi pe suprafaţa A_5 sursa imagină $2cI$.

Folosind relaţia (3) deducem următoarele expresii ale coeficienţilor de repartiţie $p_1(x)$ şi $p_2(x)$ ai potenţialului pe suprafeţele *1* şi *2*:

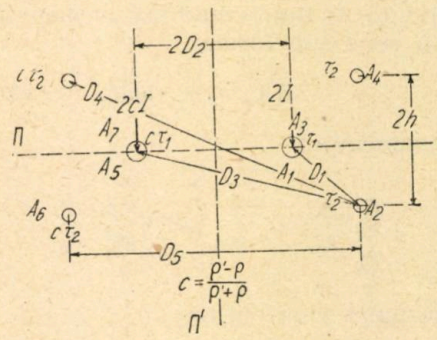


Fig. 3. Inlocuirea distribuţiei de sarcini de pe planul Π' prin introducerea de sarcini imagină

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= \frac{\rho}{2\pi\sqrt{x^2+a_1^2}} + \frac{c\rho}{2\pi\sqrt{x^2+4D_2^2}} + \sum_{h=1}^{h=8} \iint_A \frac{\tau_h\, dA_h}{d_{1h}} \\ p_2 &= \frac{\rho}{2\pi\sqrt{x^2+D_1^2}} + \frac{c\rho}{2\pi\sqrt{x^2+D_3^2}} + \sum_{h=1}^{h=8} \iint_A \frac{\tau_h\, dA_h}{d_{2h}} \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Pentru calculul coeficienţilor τ_h, remarcăm mai întâi că în virtutea teoremei sarcinilor imagine:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \tau_3 \qquad & \tau_5 &= \tau_7 = c\tau_1 \\ \tau_2 &= \tau_4 \qquad & \tau_6 &= \tau_8 = c\tau_2. \end{aligned} \qquad (6)$$

Rămân deci de calculat coeficienţii τ_1 şi τ_2.

Fie J_1 curentul ce străbate conductorul *1*. Rezistenţa liniară a acestui conductor fiind r_1, diferenţa de potenţial între două puncte infinit vecine ale acestui conductor este:

$$dV_1 = -J_1 r_1 d\xi_1$$

sau

$$J_1 = -\frac{1}{r_1}\frac{dV_1}{d\xi_1}.$$

Densitatea lineară pe unitatea de lungime a curentului ce se schimbă între conductorul 1 şi sol este:

$$i_1 = -\frac{dJ_1}{d\xi_1} = \frac{1}{r_1}\frac{d^2V_1}{d\xi_1^2}.$$

Densitatea mijlocie i_1 a curentului de schimb, pe unitatea de suprafaţă este:

$$i_1 = \frac{i_1}{2\pi a_1} = \frac{1}{2\pi a_1 r_1}\frac{d^2V_1}{d\xi_1^2}.$$

Pe de altă parte densitatea de sarcină σ_1 este:

$$\sigma_1 = \frac{1}{4\pi} i_1 (\rho - \rho_{metal}).$$

Deoarece însă $\rho \gg \rho'$

$$\sigma_1 = \frac{\rho}{4\pi}\frac{1}{2\pi a_1 r_1}\frac{d^2V_1}{d\xi_1^2}$$

sau

$$\tau_1 = \frac{\rho}{4\pi} \frac{1}{2\pi a_1 r_1} \frac{d^2 p_1}{d\xi_1^2}$$

Suprafaţa A_h fiind cilindrică, elementul de arie poate fi scris sub forma :

$$dA_1 = a_1 \, d\theta d\xi_1$$

şi în consecinţă :

$$\iint_{A_1} \frac{\tau_1 dA_1}{d_{11}} = \frac{\rho}{4\pi r_1} \int_0^{2\pi} d\theta \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_1}{d\xi_1^2} \frac{d\xi_1}{d_{11}}$$

In rezumat vom obţine :

$$\iint_{A_1} \frac{\tau_1 dA_1}{d_{11}} = \iint_{A_3} \frac{\tau_3 dA_3}{d_{13}} = \frac{\rho}{4\pi r_1} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_1}{d\xi_1^2} \frac{d\xi_1}{\sqrt{(x-\xi_1)^2 + a_1^2}} \quad (7)$$

$$\iint_{A_2} \frac{\tau_2 dA_2}{d_{12}} = \iint_{A_4} \frac{\tau_4 dA_4}{d_{14}} = \frac{\rho}{4\pi r_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_2}{d\xi_2^2} \frac{d\xi_2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + D_1^2}} \quad (8)$$

$$\iint_{A_5} \frac{\tau_5 dA_5}{d_{15}} = \iint_{A_7} \frac{\tau_7 dA_7}{d_{17}} = \frac{\rho}{4\pi r_1} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_1}{d\xi_1^2} \frac{d\xi_1}{\sqrt{(x-\xi_1)^2 + 4D_2^2}} \quad (9)$$

$$\iint_{A_6} \frac{\tau_6 dA_6}{d_{16}} = \iint_{A_8} \frac{\tau_8 dA_8}{d_{18}} = \frac{c\rho}{4\pi r_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_2}{d\xi_2^2} \frac{d\xi_2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + D_3^2}} \quad (10)$$

$$\iint_{A_1} \frac{\tau_1 dA_1}{d_{21}} = \iint_{A_3} \frac{\tau_3 dA_3}{d_{23}} = \frac{\rho}{4\pi r_1} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_1}{d\xi_1^2} \frac{d\xi_1}{\sqrt{(x-\xi_1)^2 + D_1^2}} \quad (11)$$

$$\iint_{A_2} \frac{\tau_2 dA_2}{d_{22}} = \frac{\rho}{4\pi r_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_2}{d\xi_2^2} \frac{d\xi_2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + a_2^2}} \quad (12)$$

$$\iint_{A_4} \frac{\tau_4 dA_4}{d_{24}} = \frac{\rho}{4\pi r_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_2}{d\xi_2^2} \frac{d\xi_2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + 4h_2}} \quad (13)$$

$$\iint_{A_5} \frac{\tau_5 dA_5}{d_{25}} = \iint_{A_7} \frac{\tau_7 dA_7}{d_{27}} = \frac{c\rho}{4\pi r_1} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_1}{d\xi_1^2} \frac{d\xi_1}{\sqrt{(x-\xi_1)^2 + D_3^2}} \quad (14)$$

$$\iint_{A_6} \frac{\tau_6 dA_6}{d_{26}} = \frac{c\rho}{4\pi r_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_2}{d\xi_2^2} \frac{d\xi_2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + D_5^2}} \quad (15)$$

$$\iint_{A_8} \frac{\tau_8 dA_8}{d_{28}} = \frac{c\rho}{4\pi r_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d^2 p_2}{d\xi_2^2} \frac{d\xi_2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + D_4^2}} \quad (16)$$

Introducând expresiile (7) — (16) în ecuaţiile (5) acestea din urmă se transformă într'un sistem de 2 ecuaţii integrodiferenţiale în p_1 şi p_2. Sistemul poate fi integrat, folosind soluţii de tipul următor :

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= -r_1 \int_0^{\infty} \frac{G_1(q)}{q^2} \cos qx dq \\ p_2 &= -r_2 \int_0^{\infty} \frac{G_2(q)}{q^2} \cos qx dq \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

$$\left.\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{1}{r_1} \frac{d^2 p_1}{dx^2} = \int_0^{\infty} G_1(q) \cos qx dq \\ \lambda_2 &= \frac{1}{r_2} \frac{d^2 p_2}{dx^2} = \int_0^{\infty} G_2(q) \cos qx dq \end{aligned}\right\} \quad (18)$$

G_1 şi G_2 sunt funcţiuni de un parametru q. Forma lor poate fi determinată în felul următor : se introduc expresiile (17) şi (18) în sistemul de ecuaţii integrodiferenţiale. Ţinând seama că în teoria funcţiunilor cilindrice se demonstrează că :

$$\frac{1}{\sqrt{x^2 + \alpha^2}} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} K_0(q\alpha) \cos qx dq$$

$$\int \frac{\cos q\xi \, dq}{\sqrt{(x-\xi)^2 + \alpha^2}} = 2 \cos qx \, K_0(q\alpha)$$

în care K_0 este funcţia Bessel de speţa 3-a şi ordinul 0, sistemul de ecuaţii integrodiferenţiale (5) se transformă în sistemul algebric,

$$\left.\begin{aligned} (R_1 + B_{11}) G_1 + B_{12} G_2 &= -\frac{1}{\pi} B_{11} \\ B_{12} G_1 + (R_2 + B_{22}) G_2 &= -\frac{1}{\pi} B_{12} \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

In sistemul (19) s'a notat pentru simplitatea scrierii :

$$R_1 = \frac{\pi r_1}{\rho q^2} \qquad R_2 = \frac{\pi r_2}{\rho q^2}$$

$$B_{11} = K_0(qa_1) + cK_0(2qD_2)$$

$$B_{12} = K_0(qD_1) + cK_0(qD_3)$$

$$B_{22} = \frac{1}{2}[K_0(qa_2) + K_0(2qh) + cK_0(qD_4) + cK_0(qD_5)].$$

Rezolvând sistemul (19) se obţin expresiile funcţiilor G_1 şi G_2, care introduse în (18) ne conduc la relaţiile de mai jos pentru coeficienţii de repartiţie λ_1 şi λ_2 :

$$\lambda_1(x) = -\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{B_{11}(R_2 + B_{22}) - B_{12}^2}{(R_1 + B_{11})(R_2 + B_{22}) - B_{12}^2} \cos qx dq \quad (20)$$

$$\lambda_2(x) = -\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{R_1 B_{12} \cos qx dq}{(R_1 + B_{11})(R_2 + B_{22}) - B_{12}^2} \quad (21)$$

Coeficientul Λ_2, caracteristic absenţei mărilor ($c = 0$) este dat de expresia următoare :

$$\Lambda_2(x) = -\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{R_1 B_{12}^* \cos qx dq}{(R_1 + B_{11}^*)(R_2 + B_{22}^*) - B_{12}^{*2}} \quad (22)$$

în care B_{11}^*, B_{12}^*, B_{22}^* sunt valorile particulare ale lui B_{11}, B_{12}, B_{22} când $c = 0$.

Factorul hidrografic

$$f_H = \frac{\lambda_2}{\Lambda_2} \tag{23}$$

poate fi deci calculat cu ajutorul relaţiilor (21) şi (22).

Calculul integralelor ce dau expresiile lui λ_2 şi Λ_2 nu poate fi făcut direct, ci numai printr'o cuadratură mecanică. E recomandabil să se facă schimbarea de variabilă

$$\Delta q = 2{,}303\ q\ \Delta\ (\log_{10} q)$$

Luând $\Delta\ (\log_{10} q) = 0{,}2$ şi efectuând cuadratura între limitele $q = 10^{-5}$ şi $q = 10^{+2}$ se poate obţine o aproximaţie suficient de bună.

Pentru a se putea vedea ordinul de mărime al factorului hidrografic să considerăm următorul exemplu de calcul:

$a_1 = 0{,}05$ m $\quad h = 0{,}75$ m
$a_2 = 0{,}025$ m $\quad D_1 = 10$ m
$r_1 = 10^{-3}$ Ω/m $\quad \rho = 50$ Ω-m
$r_2 = 10^{-4}$ Ω/m $\quad x = 0$.

Pentru diferite valori ale distanţei D_2 dintre electrodul *1* şi ţărm se poate întocmi tabela de mai jos care ne dă mărimea factorului hidrografic calculat prin relaţia (23):

Natura apei	ρ' Ω-m	c	D_2 m	f_H
Mare	0,3	−0,988	30	0,64
Mare	0,3	−0,988	50	0,75
Mare	0,3	−0,988	100	0,81
Mare	0,3	−0,988	500	0,95
Lac dulce . .	25	−0,5	30	0,84

Se poate deduce din acest tablou, că vecinătatea apelor are drept efect o reducere a curenţilor derivaţi în reţelele vecine, reducere cu atât mai importantă cu cât distanţa faţă de ţărm este mai mică şi cu cât conductivitatea apei este mai bună. Totuşi, chiar pentru depărtări mici de ţărm — câteva zeci de metri — această densitate de curent reprezintă circa 60—80% din valoarea densităţii de curent în absenţa apelor.

In mod asemănător se poate calcula şi influenţa râurilor asupra dispersiei curentului electric în sol.

Fie un conductor cilindric *1* (vezi fig. 4), de lungime infinită, semi-îngropat, pe care se aplică o sursă de curent *I*, şi un conductor *3* deasemeni cilindric şi infinit, paralel cu primul conductor şi îngropat la o adâncime *h*. Conductorul *3* se află sub acţiunea câmpului de dispersie creiat de conductorul *1*. Intre conductorul *1* şi conductorul *3* se află un curs de apă, care poate fi asimilat cu un semicilindru *2* paralel cu conductorii *1* şi *3*.

Pentru a afla factorul hidrografic, care afectează schimbul de curenţi între conductorul *3* şi sol, este necesar să cunoaştem coeficientul de repartiţie λ_3, în cazul când se ţine seama de prezenţa cursului de apă şi coeficientul de repartiţie Λ_3, în absenţa cursului de apă.

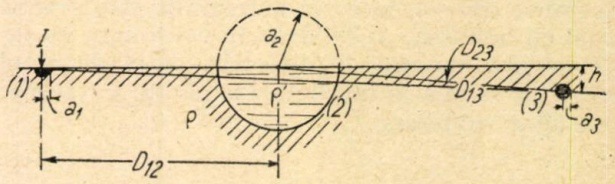


Fig. 4. Mediu eterogen format din sol, conductorul (1), cursul de apă (2) şi conductorul (3)

Pentru a determina pe λ_3 vom considera sarcinile desvoltate pe suprafeţele de separaţie dintre conductorii *1*, *2* respectiv *3* şi sol, precum şi imaginile acestora faţă de planul de separaţie aer-sol. Expresiile coeficienţilor de repartiţie ai potenţialului pe suprafeţele reale A_1, A_2 şi A_3 vor fi:

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= \frac{\rho}{2\pi\sqrt{x^2 + a_1^2}} + \sum_{h=1}^{3} \iint_{A_h} \frac{\tau_h\, dA_h}{d_{1h}} \\ p_2 &= \frac{\rho}{2\pi\sqrt{x^2 + D_{12}^2}} + \sum_{h=1}^{3} \iint_{A_h} \frac{\tau_h\, dA_h}{d_{2h}} \\ p_3 &= \frac{\rho}{2\pi\sqrt{x^2 + D_{13}^2}} + \sum_{h=1}^{3} \iint_{A_h} \frac{\tau_h\, dA_h}{d_{3h}} \end{aligned}\right\} \tag{24}$$

Sistemul (24) poate fi rezolvat după aceeaş metodă ca şi în exemplul precedent.

Un calcul numeric executat de autor, calcul pe care nu îl mai reproducem, arată că în cazul cursurilor de apă cu o rezistivitate normală de cca 20 Ω-m, influenţa lor asupra dispersiei curentului este neglijabilă. Intr'adevăr, pentru distanţe D_{12} şi D_{23} de ordinul zecilor de metri, factorul hidrografic este sensibil egal cu unitatea.

Din exemplele de mai sus se pot trage următoarele concluzii:

Influenţa apelor asupra distribuţiei câmpului de curenţi de dispersie pe o anumită reţea subterană metalică poate fi caracterizată prin factorul hidrografic

$$f_H = \frac{\lambda}{\Lambda}$$

definit ca raportul dintre coeficientul de repartiţie al densităţii de curent în prezenţa apelor şi coeficientul de repartiţie al densităţii de curent în absenţa lor.

Factorul hidrografic este important în cazul mărilor, când conductorul ce creiează câmpul de curenţi şi conductorul ce se află sub acţiunea acestui câmp se află la distanţe de ordinul zecilor de metri de ţărmul mării. La distanţe mai mari de 100 metri el este apropiat de unitate, iar peste 500 metri poate fi considerat practic egal cu unitatea.

Importanţa lacurilor dulci, a căror rezistivitate este apropiată de a solului este mult mai redusă;

chiar la distanţe mici de ţărm, de ordinul zecilor de metri.

In cazul cursurilor de apă paralele cu reţele metalice din sol, factorul hidrografic este practic egal cu unitatea. Apele dulci în consecinţă nu influenţează curenţii de dispersie, afară de cazul când ele se află în imediată vecinătate a reţelelor metalice subterane.

Bibliografie:

1. *Vinogradov, I. M.*: Tabele de valori pentru funcţiuni Bessel cu argument imaginar, Ed. Ac. de Ştiinţe U.R.S.S Moscova-Leningrad, 1950.

2. *Moisil Gh.*: Rev. Techn. AGIR. Electricitatea, 4—5 (1948), Analele C.F.R. Caietul 8 (1950), Analele transporturilor, 3 (1951).

★

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ДИСПЕРИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В ЗЕМЛЕ

Резюме

Рассматривается вопрос в какой степени близость воды изменяет коррозийные эффекты, произведенные электротяговыми линиями на канализацию и на подземный кабель. Дается определение понятия фактор и нескольких значений, вычисленных для случая: морей, озер и рек.

★

TIRATRONUL INDUSTRIAL

Conf. dr. S. BAINGLASS

In automatizarea industriei, telecomunicaţiilor, transportului de energie şi transporturilor electrificate, este folosit din ce în ce mai mult, în Uniunea Sovietică, între alte aparate electronice şi ionice, şi tiratronul. Utilizarea la reglaj, comutaţie, securitate şi protecţia muncii, conversiune, etc. precum şi faptul că printr'o putere mică de intrare se poate comanda puteri considerabile, face ca tiratronul să fie din ce în ce mai mult folosit şi justifică studiul de faţă, în care autorul cuprinde aspectele teoretice, constructive şi de funcţionare a tiratronului.

In procesul de necontenită automatizare a industriei şi a energeticei sovietice un rol important îl are, între alte dispozitive de comandă şi control, aparatul termoionic cunoscut sub denumirea de tiratron.

Tiratronul face parte din marea şi variata serie de aparate electronice, care au un rol din ce în ce mai însemnat în realizările tehnicei şi ştiinţei sovietice: lămpile de emisie şi recepţie, celulele fotoelectrice, tuburile catodice de diferite categorii, redresorii cu mercur, tiratronii, lămpile luminiscente, etc. Aceste realizări sunt dovada aportului uriaş adus de institutele ştiinţifice şi de laboratoarele de studii ale industriei de specialitate în desvoltarea electronicii sovietice. Dintre cercetătorii sovietici din acest domeniu, V. P. Vologdin şi ing. Crapivin au elaborat primii redresori cu mercur de mare putere care au un randament incomparabil mai mare decât kenotronii, iar numele lui I. D. Boldâr este legat de crearea unor tuburi ionice cu catodul cald.

Datorită numeroşilor cercetători şi ingineri care au contribuit în întreprinderi la crearea şi perfecţionarea procedeelor de fabricaţie, industria sovietică de tuburi electronice ocupă primul loc în lume.

Controlul prin tiratroni are un câmp vast de aplicaţii, aceştia înlocuind perfect şi cu mari avantaje dispozitivele mecanice, hidraulice şi pneumatice, comandate manual, şi cruţă astfel eforturile grele ale muncitorilor şi tehnicienilor, aducând în acelaş timp o mărire a productivităţii muncii.

Insuşirile tiratronului îl fac să aibă o gamă mare de întrebuinţări. In adevăr, se fabrică astăzi tiratroni puternici, care pot furniza un curent ce atinge 12—15 A şi o putere de mai mulţi kilowaţi, precum şi tiratroni folosiţi ln aparatele de măsură, în aviaţie, marină, etc., de dimensiuni şi de puteri mici, care furnizează un curent de maximum 1 A.

In instalaţiile de radiolocaţie, sunt deasemenea folosiţi tiratroni, însă de un tip special.

Pentru intensităţile şi puterile mai mici decât cele cerute de automatizarea proceselor industriale, se fabrică şi tuburi ionice multianodice, cu catodul lichid, ignitroni, etc.

Tiratronul industrial, de mare putere, prezintă un interes deosebit, ceeace justifică o privire succintă asupra construcţiei, funcţionării şi perfecţionărilor aduse în ultima vreme.

Tiratronul este un tub cu descărcare în gaze sau în vapori de mercur.

Deosebirea dintre tuburile cu descărcare în gaze sau vapori de Hg (tuburile ionice) şi tuburile electronice constă în faptul că în tuburile ionice există un gaz, a cărui presiune, deşi adesea foarte mică în valoare absolută, schimbă totuşi foarte mult caracterul descărcării electrice.

Prezenţa gazului în tub nu exclude însă desfăşurarea proceselor caracteristice tuburilor electronice. Deaceea unele fenomene şi în deosebi diferitele forme ale emisiunii electronice, le regăsim cu acelaş rol fundamental şi în tuburile ionice. La acestea se mai adaogă însă şi o serie de fenomene noi, care au loc la suprafaţa elec-

trozilor şi mai ales în mediul de gaze sau vapori de mercur din aparat.

Dintre tuburile ionice menţionăm pe cele cu electrozii reci şi anume eclatorii cu gaz pentru protecţia liniilor de transport de energie electrică împotriva supratensiunilor, redresorii şi releele cu descărcare luminiscentă şi gazotronul care este un tub ionic cu descărcare forţată cu arc.

Dintre tuburile termoionice, tiratronul a căpătat o mare întrebuinţare în industrie, în telecomunicaţii, în transporturile electrificate, în transportul de energie, etc. El serveşte fie ca redresor comandat , fie într'o serie de alte montaje, despre care vom vorbi mai departe, uneori combinat fiind cu celule fotoelectrice.

Tiratronul este un tub monocatodic, termoionic, umplut cu gaz sau cu vapori de mercur, în general de tipul lămpilor triode sau tetrode, dar având uneori şi mai mult de două grile.

Tiratronul cu o singură grilă, deşi construit ca o lampă triodă, prezintă totuşi o diferenţă esenţială faţă de tuburile cu vid, procesele fizice din tiratron deosebindu-se mult de cele din triodă. In adevăr, în triodă, se poate realiza, cu ajutorul grilei, o comandă fină a curentului anodic, grila acţionând asupra acestuia în mod continuu. In tiratron însă, rolul grilei este numai temporar; el se termină în momentul când a fost atins punctul de amorsare a tubului. De îndată ce curentul a fost declanşat în tub, grila înconjurată de ioni încetează de a-şi mai exercita acţiunea. Curentul anodic maxim continuă să circule atâta timp cât circuitul anodic este închis şi tensiunea de placă este pozitivă.

Tensiunea de grilă, pentru care tiratronul se amorsează, variază cu tensiunea anodică. Interdependenţa dintre aceste două tensiuni poate fi reprezentată printr'un grafic numit curba critică de amorsare sau caracteristica de control a grilei. In fig. 1, este reprezentată caracteristica

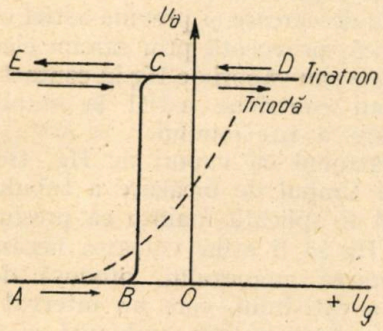


Fig. I. Caracteristica de grilă a tiratronului.

de grilă a tiratronului, cu funcţia $f(U_g)$ ridicată pentru U_a = const. Se vede din grafic că pentru potenţialele negative suficient de mari ale grilei (domeniul AB) nu există curent în tiratron. Curentul apare la o valoare bine determinată a potenţialului grilei, în punctul B, creşte brusc până la valoarea lui maximă pentru tensiunea de încălzire dată (punctul C) şi apoi rămâne constant pentru orice variaţie a potenţialului grilei (dreapta CD).

Există tiratroni cu caracteristica negativă (fig. 2 *a*), cu caracteristica pozitivă (fig. 2 *b*) şi cu caracteristica transitorie (fig. 2 *c*). Aceste caracteristici de control pot suferi mici modificări, deplasându-se sub influenţa variaţiilor de temperatură. Aceste variaţiuni nu trebue însă să depăşească limitele suprafeţelor haşurate d n grafic, care reprezintă toleranţele pentru diferenţele de fabricaţie din interiorul aceleiaşi serii de aparate.

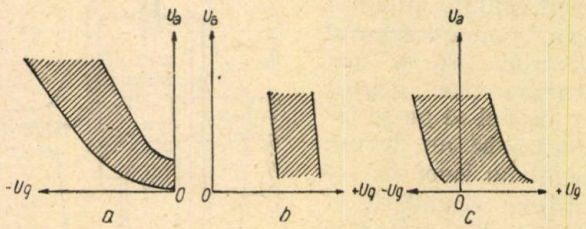


Fig. 2. Caracteristica negativă (*a*), pozitivă (*b*), neutră (*c*) (suprafeţele haşurate reprezintă toleranţele legate de diferenţele de fabricaţie.)

Funcţionarea descrisă a grilei se explică prin formarea unui înveliş de ioni pozitivi care ecranează grila. Din această cauză, electronii pot trece nestingheriţi prin grilă, dela catod spre anod (fig. 3). Mărind potenţialul negativ al grilei, nu

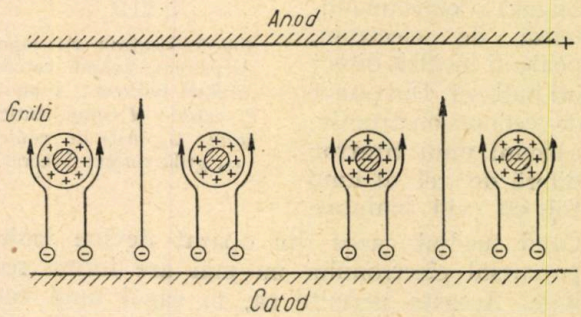


Fig. 3. Invelişul de ioni pozitivi din jurul spirelor ecranează grila.

se poate întrerupe descărcarea întrucât prin aceasta se măreşte numai grosimea învelişului ionic ce ecranează câmpul electric al grilei. Dacă se aplică însă grilei potenţiale negative foarte mari, ceeace în practică nu se întâmplă, se poate

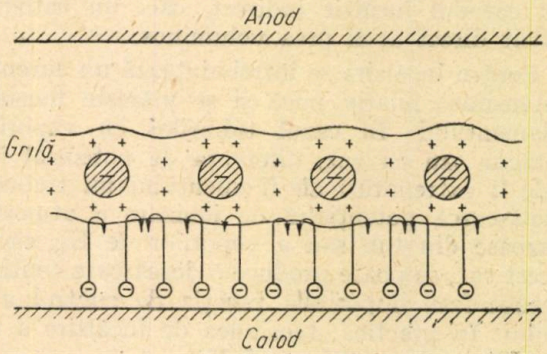


Fig. 4. La tensiuni foarte mari, învelişul continuu blochează descărcarea în tiratron.

totuşi obţine ca învelişul pozitiv în jurul grilei să se îngroaşe foarte mult şi să devină un înveliş continuu, din care cauză descărcarea se poate întrerupe (fig. 4).

Comparat cu tuburile cu vid înaintat, tiratronul arată mai multe diferenţe interesante de construcţie.

Tiratronul (fig. 5), este alcătuit dintr'un tub de sticlă şi are uneori un înveliş metalic.

Anodul A este de metal sau de grafit şi este astfel construit încât căldura produsă prin bombardamentul electronic să se risipească repede, pentru ca anodul să nu se încingă şi să nu devină astfel un isvor de emisiune secundară.

Una din metodele folosite pentru a reduce temperatura anodului metalic constă în a-i înegri suprafaţa.

Catodul C, acoperit cu un strat activ de oxid de bariu, care-i asigură o emisiune intensă de electroni, poate fi încălzit direct ori indirect. Din punct de vedere constructiv, catodul unui tiratron diferă de cel al unui tub cu vid înaintat.

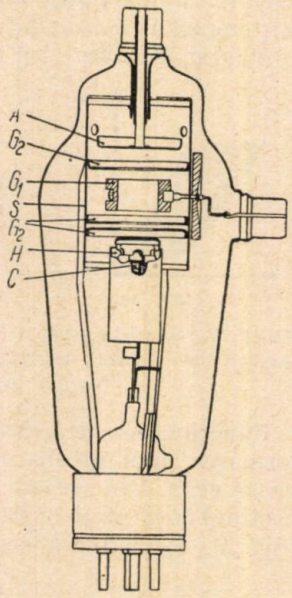


Fig. 5. Tiratron cu vapori de mercur, având catodul încălzit indirect: A anod; C catod; H ecran anticaloric; G_1 grilă de control G_2 grilă ecran; S ecran.

Când mediul gazos din aparat devine ionizat, parcursul electronului nu mai are forma rectilinie. Aceasta permite ca, în cazul unui catod încălzit direct, filamentul emiţător să fie construit în formă de spirală, pierderile de căldură fiind astfel mult reduse.

In ce priveşte catodul încălzit indirect, acesta este deobicei înconjurat de un ecran anticaloric compus din cilindri concentrici de metal. Suprafaţa de emisiune este mărită prin forma cutată ce se dă cilindrului emiţător. Tiratronii puternici au catodul încălzit indirect, căci un catod încălzit direct ar fi prea voluminos.

Pentru încălzire se întrebuinţează un curent de intensitate relativ mică şi se măreşte tensiunea filamentului. In cazul tuburilor cu vapori de mercur sau cu gaz, diferenţa de potenţial între cele 2 extremităţi ale fi amentului nu trebue să depăşească potenţialul de ionizare a atmosferei gazoase din tub sau a vaporilor de Hg, căci în acest caz, se poate produce o descărcare continuă, ceeace face imposibilă funcţia de control a tubului. In practică, tensiunea de încălzire a tiratronului este de 2,5 sau 5 V.

Timpul de încălzire a catodului este determinat de tipul şi dimensiunile acestuia. In adevăr, catozii încălziţi direct nu au nevoe decât de câteva secunde, în timp ce catozii încălziţi indirect cer un interval de câteva minute pentru a atinge temperatura de regim; în acest interval nu trebue însă aplicată nici-o sarcină circuitului anodic, căci aceasta ar duce la deteriorarea tubului.

Grila de control G_1 poate fi un inel de grafit sau o placă metalică perforată. Grila unui tiratron cu caracteristica negativă are o deschidere destul de mare (fig. 6,*a*). Tiratronul cu caracteristica pozitivă are grila de control compusă din una sau mai multe plăci având un număr de perforaţii mai mare (fig. 6,*b*). Din cauza acţiunii blindajului asupra acestei construcţii, tubul va fi amorsat numai cu ajutorul unei tensiuni pozitive aplicate grilei.

La tiratronul de tip tetrodă, grila-ecran G_2 se compune dintr'un ecran multiplu, înconjurat de un cilindru. Grila de control este astfel izolată de catod şi de anod. Grila-ecran împiedică depunerea pe grila de control a substanţei emiţătoare volatilizată de pe catod.

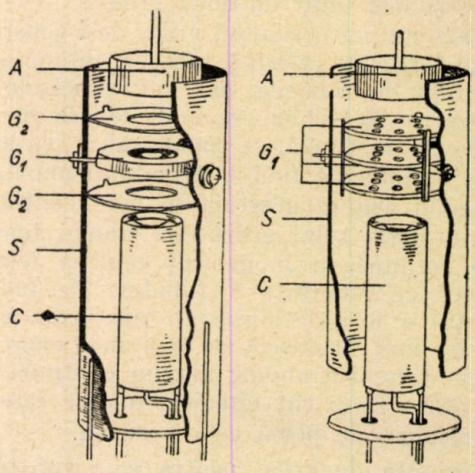


Fig. 6. Amănunte constructive ale unui tiratron: cu caracteristică negativă (*a*), cu caracteristică pozitivă (*b*) (notaţiile sunt aceleaşi ca în figura 5).

Prin proprietăţile şi poziţia ei, grila-ecran reduce temperatura grilei de control. Partea cilindrică S a grilei-ecran înconjoară în întregime spaţiul de descărcare şi previne astfel orice amorsare bruscă, provocată prin sarcini electrostatice (ioni de gaz sau vapori de Hg în contact cu sticla). Grila-ecran contribue astfel la stabilitatea de funcţionare a tiratronului.

La tiratronul cu vapori de Hg, trebue ţinut în seamă timpul de încălzire a tubului, sarcina neputând fi aplicată înainte ca presiunea vaporilor de Hg să fi atins valoarea necesară.

Evaporarea mercurului, produsă de radiaţia termică a catodului, cere un interval care — în funcţie de temperatura ambiantă şi de dimensiunile tubului — poate atinge cinci şi chiar zece minute.

Tehnica alimentării tiratronului este deosebită de cea a lămpilor de radio. La tiratron, alimentarea circuitului anodic se face prin curent continuu numai atunci când e vorba de relee construite numai pentru funcţionarea în c.c. Alimentarea tiratronului cu o tensiune alternativă e mai simplă şi permite o întrerupere uşoară a curentului anodic.

Marele avantaj al tiratronului rezidă în posibilitatea de a comanda şi controla puteri consi-

derabile cu ajutorul unor puteri mici de intrare. Aceasta se poate vedea în fig. 7, care reprezintă caracteristica medie a amorsării unui tiratron similar celui caracterizat în fig. 2*a*.

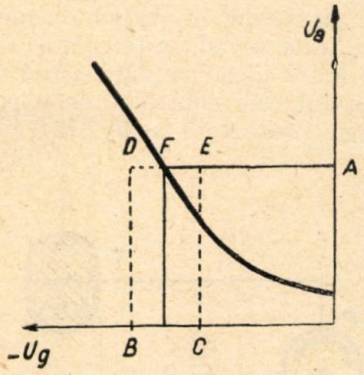


Fig. 7. Caracteristica medie de amorsare a unui tiratron.

Reiese din această reprezentare că interdependenţa dintre tensiunea anodică şi tensiunea de grilă determină punctul de operaţie. Dacă acesta este situat la stânga curbei de amorsare (punctul *D*), tubul va rămâne neconductor; dacă se va afla la dreapta curbei de amorsare (punctul *E*), tubul se va aprinde de îndată ce va fi intercalat în circuitul anodic. Aceasta înseamnă că tensiunea anodică *A* şi cea de grilă *B* dau prin compunere punctul *D* şi deci nu provoacă amorsarea tubului, în timp ce combinarea unei tensiuni anodice *A* cu tensiunea de grilă *C* o vor provoca. Pe de altă parte, dacă la o tensiune anodică *A*, punctul de operaţie este deplasat din *B* în direcţia *F*, tubul se va amorsa de îndată ce *F* va fi atins. Astfel, curentul anodic va atinge valoarea de plină sarcină.

Graficul arată astfel că o foarte mică variaţie a potenţialului de polarizare a grilei ajunge pentru a degaja întregul curent anodic. In adevăr, în practică, e nevoie pentru aceasta de o modificare de potenţial de câţiva volţi; aceasta corespunde unei puteri de intrare de câţiva microwaţi, deoarece intensitatea curentului de grilă, în starea de neconducere, este de ordinul microamperilor.

Comanda circuitului de grilă se face după mai multe metode.

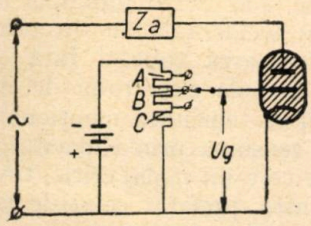


Fig. 8. Comanda prin tensiune continuă

Grila poate fi comandată prin tensiune continuă şi în acest caz aprinderea tubului se face fie deconectând tensiunea de polarizare (fig. 8), fie reducând această tensiune, de exemplu dela 10 V la 5 V.

Deasemenea grila poate fi comandată prin tensiunea alternativă. In acest caz, aprinderea tubului se obţine făcând să varieze faza tensiunii alternative de grilă provenită dela sector (fig. 9), cu ajutorul unui circuit cu rezistenţă-capacitate. Puntea alternativă (fig. 10), una din ramurile căreea are o impedanţă variabilă, prezintă un exemplu de defazare prin circuitul cu rezistenţă-inductanţă.

In fine, grila mai poate fi comandată şi prin tensiune alternativă şi continuă. Punctul de amorsare a tubului poate fi stabilit întrebuinţând o tensiune alternativă de polarizare (defazată cu

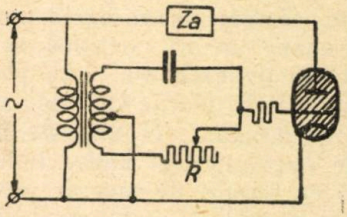


Fig. 9. Comanda prin tensiune alternativă, cu ajutorul unui circuit cu rezistenţă — capacitate.

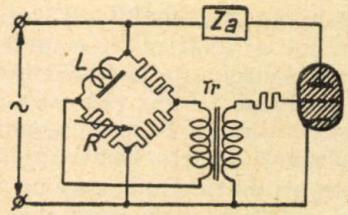


Fig. 10. Metoda de defazare printr'un circuit cu rezistenţă (*R*) şi inductanţă (*L*).

90°) şi o tensiune variabilă continuă (fig. 11); o descreştere a acesteia va grăbi amorsarea tubului, iar o ridicare a tensiunii o va întârzia.

Pentru extincţia tuburilor, se folosesc deasemenea mai multe metode.

De îndată ce tiratronul este amorsat prin una din metodele descrise, circuitul de grilă încetează de a funcţiona şi se stabileşte în circuitul anodic un curent a cărui valoare depinde de tensiunea anodică şi de valoarea impedanţei circuitului. Pentru a opri acest curent anodic, este necesar să se întrerupă conducţia pentru o perioadă anumită în care să se facă desionizarea tubului. De îndată ce gazul sau vaporii de Hg dintre electrozii tiratronului sunt desionizaţi, grila poate relua funcţia ei de control.

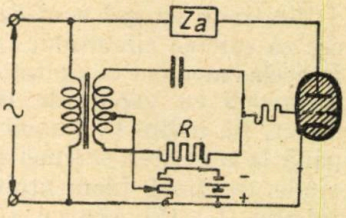


Fig. 11. Tensiunea alternativă defazată cu 90°, curentul de sarcină modificat prin reglarea tensiunii continue.

In general, anodul tiratronului este alimentat — după cum am mai spus — cu o tensiune alternativă, ceeace înseamnă că în fiecare semiperioadă, anodul devine negativ. Dacă frecvenţa alimentării nu este prea mare, tubul are timpul de a se desioniza şi curentul este întrerupt.

Mecanismul extincţiei, analizat mai profund, constă în faptul următor: la valorile negative ale acestei tensiuni, descărcarea în tiratron este întreruptă. O parte din particulele încărcate se menţin în tub aşa că la schimbarea polarităţii, se produce în tiratron un aşa numit „curent invers". Dacă tensiunea din semiperioada negativă

creşte repede, atunci energia ionilor care au rămas, poate fi destul de mare pentru ca, ajungând la anod, să provoace o emisiune electronică din suprafaţa anodului şi să amorseze o descărcare în sens invers celei normale. Valoarea maximă a tensiunii anodice (din semiperioada negativă), pe care o suportă aparatul fără a-şi strica însuşirile de redresare, etc., se numeşte tensiunea arcului invers.

Pentru tensiune anodică continuă, se construesc diferite circuite de extincţie, care permit a întrerupe curentul de placă. Cel mai simplu este întrerupătorul mecanic; el nu este însă folosit în aparatele electronice şi ionice industriale.

Tiratronii cu vapori de mercur prezintă, faţă de cei cu gaz, o serie de avantaje şi desavantaje, care se pot schematiza astfel:

Tiratronii cu vapori de Hg au o durată mai lungă de funcţionare decât cei cu gaz. Timpul de desionizare a tiratronului cu vapori de Hg este de ordinul a 1000 microsecunde, astfel că folosirea lor se mărgineşte la frecvenţe de 500 Hz în timp ce tiratronii cu gaz pot avea un timp de desionizare de ordinul a 10 microsecunde, ceeace-i face mai adaptaţi pentru frecvenţe înalte.

La noile tipuri de tiratroni, care au ca gaz ionizabil hidrogenul, timpul de restabilire este foarte scurt, deoarece, datorită mobilităţii mari a ionilor de hidrogen, ionii lui pozitivi ies repede din spaţiul de descărcare şi se transformă, după stingerea descărcărilor, în atomi neutri. Deaceea, aceşti tiratroni pot fi utilizaţi la tensiuni alternative cu frecvenţe de până la 4000 Hz.

Tiratronii cu gaz sunt deobicei încălziţi direct, aşa că sarcina circuitului anodic poate fi aplicată în acelaş moment cu aplicarea sarcinei la filament. Tiratronii cu vapori de Hg pot fi încălziţi fie direct, fie indirect; timpul care trebue să treacă până la aplicarea sarcinei în circuitul anodic depinde de tipul filamentului şi de dimensiunile tubului. La tuburile cu vapori de Hg încălzite indirect, acest interval de timp poate atinge chiar 10 minute.

Mai trebue menţionat faptul că tiratronii cu gaz nu suportă tensiuni anodice prea ridicate fiindcă se produce un arc invers. Astfel, în timp ce tensiunea maximă este, în cazul tuburilor cu gaz, de 1250 V, la cei cu vapori de Hg se poate ridica până la 10 kV.

Tiratronii cu gaz pot funcţiona la temperaturi scăzute fără ca amorsarea să se resimtă, în timp ce tiratronii cu vapori de Hg nu pot funcţiona, în general, sub temperatura ambiantă de 15 °C.

In ce priveşte montarea tiratronilor, trebue să arătăm că este esenţial ca tiratronii cu vapori de mercur să funcţioneze în poziţie verticală, ceeace nu este necesar în cazul celor cu gaz.

Faţă de tiratronii de tip triodă, cei de tip tetrodă prezintă o serie de avantaje: curent slab de grilă, posibilitatea de a face să varieze caracteristica prin polarizarea grilei-ecran, etc.

Aceste proprietăţi ale tiratronului cu grilă-ecran fiind deosebit de importante, trebue examinate în amănunţime. In adevăr, din cauza grilei-ecran, curentul grilei de control al unei tetrode este foarte redus când tubul este în stare neconducătoare şi anume este de ordinul microamperilor. Acest curent poate proveni dela electronii, care lovesc grila de control sau din electronii emişi chiar de ea şi poate deveni stânjenitor atunci când se utilizează tiratronul de tip triodă. Inconvenientul se manifestă în deosebi acolo unde în circuitul de grilă se află intercalată o rezistenţă de valoare mare. Schema unui astfel de circuit, unde tiratronul este controlat de o celulă fotoelectrică, este prezentată în fig. 12.

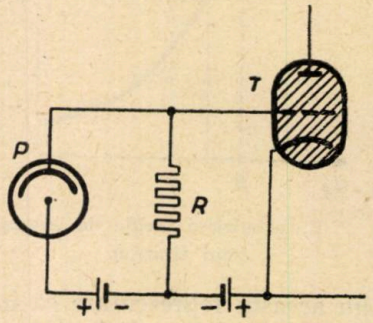


Fig. 12. Circuitul de control al unui tiratron T cu ajutorul celulei fotoelectrice P.

In montajul cu celulă fotoelectrică, mult folosit în automatizarea industriei şi funcţionarea liniilor automate industriale, tiratronul stă în repaos atunci când celula fotoelectrică P nu este excitată de radiaţiunile luminoase. Un curent de grilă apreciabil poate însă face să ia naştere o diferenţă de potenţial la bornele rezistenţei puternice R. Un curent de grilă provocat de electronii ce lovesc grila de control poate spori polarizarea negativă a grilei.

Pe de altă parte, un curent de grilă format din electronii emişi de grila de control poate reduce polarizarea negativă a grilei.

Din cauza slabei capacitanţe anod-grilă, circuitul de intrare a unei tetrode devine mai puţin dependent de circuitul de ieşire — cum am văzut la triodă — aşa că riscul de amorsare accidentală este eliminat. Astfel, în circuitul din fig. 13, tiratronul se va amorsa de îndată ce impulsul U_i va fi aplicat prin transformatorul T. Dacă în acest circuit s'ar fi utilizat un tiratron de tip triodă cu o mare capacitanţă anod-grilă C_{ga} şi dacă reglajul ar fi critic, s'ar putea întâmpla ca un punct de tensiune accidentală în circuitul anodic să provoace amorsarea tubului fără ca să se fi aplicat vreun impuls circuitului de intrare, aceasta din cauză că tensiunea menţionată ar fi transmis grilei o tensiune prin capacitatea C_{ga}. Deci acolo unde se cere un reglaj critic, tiratronul de tip tetrodă este preferat celui de tip triodă.

Un alt avantaj al tiratronului-tetrodă îl constitue şi posibilitatea sa de a deplasa caracteristica de control prin variaţia tensiunii grilei-ecran. Din această proprietate decurge avantajul de a putea contrabalansa mici diferenţe în caracteristicile diferitelor tuburi utilizate într'un circuit comun. Astfel, modificările datorite, de exemplu, îmbătrânirii unuia din tuburi pot fi

compensate prin modificarea tensiunii grilei-ecran. In afară de aceasta grila-ecran poate fi utilizată ca element de control suplimentar, căci controlând tensiunea acestei grile se deplasează punctul de amorsare a tubului.

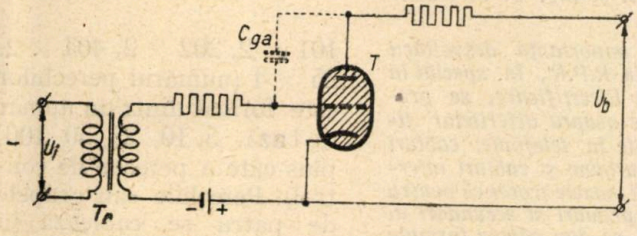


Fig. 13. Circuitul de amorsare a tiratronului cu ajutorul unui impuls transmis prin transformator.

Experienţa ultimilor ani şi în deosebi progresele realizate în automatizarea industriei sovietice au arătat că tiratronul poate fi utilizat larg în industrie şi transporturi, datorită calităţilor sale, ce pot fi rezumate astfel :

Tiratronul permite controlul la distanţă printr'o putere de câţiva miliwaţi. Procesul de comutaţie sau de reglaj are loc în interiorul tubului ermetic închis, adică într'un spaţiu cu totul izolat de condiţiile atmosferice, umiditate, fum, gaze vătămătoare etc., care ar putea scurta viaţa acestui aparat. Intreruperea curentului în circuit nu este însoţită de formarea de scântei.

Tiratronul cu gaz fiind insensibil la variaţii termice poate fi folosit la temperaturi dela −75 la +90 °C. Nu are nevoie de nici un fel de dispozitiv de răcire. Odată instalate, aparatele cu tiratroni au nevoe de mai puţină întreţinere decât cele mecanice sau hidraulice, care comportă piese în mişcare şi sunt supuse uzurii mai mult sau mai puţin rapide. Necomportând elemente rotative, aparatele cu tiratroni funcţionează liniştit şi nu au nevoie de fundaţii speciale. Sunt uşoare şi nu ocupă loc mult. Identificarea unui tub defectuos este uşoară prin faptul că nu mai prezintă luminiscenţa albastră caracteristică şi poate fi astfel înlocuit în câteva secunde.

Toate calităţile care au reeşit din expunerea de până acum dau tiratronului industrial o utilizare multilaterală.

Tracţiunea electrică alimentată în curent continuu cere o funcţionare neîntreruptă şi perfectă a staţiilor de redresori, ceeace pune o serie de probleme de automatizare, de reglaj de puteri mari, de comandă la distanţă, etc. Tiratronul corespunde nevoilor de redresare comandată pentru puteri mijlocii şi de aparat de reglaj pentru redresorii de mare putere. El a găsit o largă utilizare şi într'o serie de montaje speciale de relee, uneori combinate cu celule fotoelectrice.

Tiratronul se aplică la comandă, circuitul permiţând a se comanda o maşină, care trebue să funcţioneze între anumite limite determinate.

Reglajul fin, ce se poate obţine cu tiratronul, face ca acesta să fie folosit în circuite care trebue se menţină o cantitate, la o valoare prestabilită.

Pentru verificarea cantitativă şi calitativă a producţiei unei uzine, fără a se controla maşinile, se întrebuinţează circuite cu tiratroni. Se înregistrează astfel numărul obiectelor ce trec pe bandă şi se înlătură cele ce nu corespund normelor de fabricaţie.

Tiratronul serveşte şi la comutaţie, circuitul putând conecta un aparat anumit cu ajutorul unui impuls adecvat.

Grija deosebită şi atenţia ce se dă factorului om în procesul de producţie, în industria socialistă, face ca tiratronul să fie unul din mijloacele folosite în tehnica securităţii şi pentru protecţia muncii : dispozitivul poate fi montat astfel încât să indice muncitorului dacă condiţiile de funcţionare ale maşinii sunt cele normale şi să se evite astfel accidente de muncă.

In afară de funcţia de redresor comandat şi de mijloc de reglaj al redresorilor de mare putere, tiratronul poate fi utilizat şi pentru schimbarea frecvenţei şi transformarea curentului continuu în curent alternativ.

Calităţile tiratronului precum şi faptul că viteza de răspuns nu este egalată de nici un dispozitiv mecanic, face din tiratron un element de comandă şi control foarte apreciat în automatizarea industriei şi a transporturilor.

Bibliografie:

Dobreţov N. L. : Emisiunea electronică şi ionică. Moscova, 1950.

Tiagunov A. G. : Tuburi electronice. Edit. Tehnică, 1951.

Maciejowski T. W. : Tiratronii industriali. Microtecnic, 4 (1950).

Capţov A. N. : Fenomene electrice în vid şi gaze. Moscova, 1947.

Caganov L. I. : Mutatori eloctronici şi ionici. Moscova, 1950.

Ivahnenco A. G., Parra K. I. : Acţionare electrică cu tiratroni a maşinilor-unelte de tăiat metale. Stanchii i Instrument, 4 (1951), 5—8.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТИРАТРОН

Резюме

В деле автоматизации промышленности, телесвязи, передачи электроэнергии и электрифицированного транспорта, в Советском Союзе все больше и больше применяется тиратрон, в числе других электронных и ионных аппаратов.

Применение его в регулировке, коммутации, безопасности и охране труда, преобразовании и т. д., а также и то, что при малой входной мощности возможна передача значительных мощностей, является причиной использования тиратрона все в более и более широком масштабе и обосновывает настоящую работу, в которой автор рассматривает теоретические и конструктивные формы тиратрона, а также и его работу.

★

CARACTERISTICILE CONSTRUCTIVE ŞI ELECTRICE ALE CABLURILOR TELEFONICE

Prof. Ing. S. CONDREA şi Ing. C. CRUCERU

După ce se arată importanţa desvoltării industriei de cabluri în R.P.R., în special în legătură cu Planul de Electrificare, se prezintă date constructive asupra diferitelor tipuri de cabluri utilizate în telefonie; cabluri de repartitor, cabluri urbane şi cabluri interurbane. Se expun apoi bazele teoretice pentru calculul parametrilor primari şi secundari ai circuitelor în cablu şi se dau câteva formule practice pentru cazul cablurilor urbane. In concluzie este menţionată complexitatea problemei diafoniei între circuite cuprinse în acelaşi cablu.

Desvoltarea mereu crescândă a comunicaţiilor în Republica Populară Română, datorită desvoltării industriale şi mai ales Planului general de Electrificare, impune o creştere mereu sporită a liniilor şi reţelelor telefonice. In trecut aceste linii se construiau mai ales sub forma de linii aeriene, cu stâlpi de lemn şi fire goale. Prin creşterea neîncetată a numărului de circuite pe arterele principale, construcţia aeriană devine greoaie şi costisitoare, iar prin apariţia noilor linii de transport de energie, cu tensiuni de 110 kV şi 220 kV, influenţele electromagnetice devin din ce în ce mai supărătoare, astfel că se impune înlocuirea liniilor aeriene prin cabluri subterane. Prin aceasta se realizează totodată şi o economie importantă de stâlpi, precum şi o economie de cupru, deoarece conductorii din cablu sunt mult mai subţiri decât conductorii aerieni.

Pentru a satisface marile nevoi de cabluri de telecomunicaţii în viitor, industria noastră de cabluri va trebui să asigure cantitatea necesară de cabluri de tot felul.

In acest scop este necesar să cunoaştem din ce în ce mai bine bazele teoretice şi constructive ale tehnicei cablurilor de telecomunicaţii.

CONSTRUCŢIA CABLURILOR TELEFONICE SIMETRICE

Lăsând la o parte cablurile telefonice coaxiale, care au o construcţie specială, cablurile obişnuite, cu circuite simetrice, se pot împărţi în următoarele trei categorii principale : 1) cabluri de repartitor, 2) cabluri de reţea urbană, 3) cabluri interurbane.

1. *Cablurile de repartitor* se utilizează pentru conectarea cablurilor exterioare la repartitoarele din centrală, la cutiile de distribuţie şi în general în toate cazurile când este nevoe de făcut forme (piepteni de fire).

Acest tip de cablu este format din conductori de cupru, în general cositoriţi şi lăcuiţi, având un diametru de 0,5 mm, 0,6 mm sau 0,9 mm, şi înfăşuraţi, fie cu două straturi de mătase şi unul de bumbac, fie numai cu două straturi de bumbac, impregnate cu un amestec izolant. Firele izolate sunt răsucite în perechi sau în grupe de patru fire şi se pot distinge prin culori diferite ale bumbacului. Pentru separarea perechilor sau grupurilor între ele, se înfăşoară peste fiecare un fir de bumbac, în spirală largă. Numărul conductorilor într'o secţiune de cablu poate fi de 6×2, 11×2, 16×2, 26×2, 51×2, 101×2, 202×2, 404×2, 25×4 (numărul perechilor este format dintr'un număr de bază, 5, 10, 25, 50, 100, plus câte o pereche de control). Perechile sau grupele de patru se cablează în formă de straturi suprapuse, care posedă fiecare câte o pereche de început de numerotare şi eventual una de direcţie de numerotare, colorate distinct. Deasupra fiecărui strat se înfăşoară uneori un fir de bumbac, pentru a ţine strâns stratul respectiv. Intregul mănunchi de fire, formând inima cablului, este înfăşurat în pânză, eventual impregnată, iar pe deasupra se trage mantaua de plumb.

Rezistenţa ohmică a conductorilor este, pentru firele de cupru pur, recopt, 1/58 sau 1/57 ohmi pe km de fir de 1 mm² secţiune, la 20 °C. Capacitatea electrică efectivă este în funcţie de dimensiunile transversale şi de compoziţia izolantului, fiind de ordinul de mărime 0,1 microfarazi/km. Izolamentul firelor faţă de mantaua de plumb, măsurat la 100 V, este de cel puţin 200 megohmi pe km, iar rigiditatea dielectrică, la o tensiune alternativă de 50 Hz, este de circa 500 V.

In ultima vreme, izolaţia unor astfel de cabluri a început să fie confecţionată din materiale plastice, ca policlorvinilul, care prezintă remarcabile proprietăţi dielectrice, la frecvenţe oricât de mari, mare stabilitate chimică şi proprietăţi mecanice favorabile pentru manipulări diverse. Singurul inconvenient constă în comportarea neegală la temperaturi extreme ; astfel, la — 30 °C, policlorvinilul îşi pierde proprietăţile elastice, iar la $+30 \div +40$ °C scade sensibil rezistenţa de izolament.

Deasemenea, acţiunea îndelungată a razelor ultraviolete le reduce durabilitatea. Acest tip de cabluri se întrebuinţează pe scară mare în U.R.S.S., mai ales în instalaţiile miniere şi în uzine, unde inconvenientele menţionate nu există.

2. *Cablurile telefonice urbane* se utilizează în reţelele locale, fiind instalate în conducte subterane de beton sau pe stâlpi şi uneori în săpătură. Cablurile pentru tras în conducte sau pentru întins pe stâlpi au ca ultim înveliş mantaua de plumb, iar cablurile pentru pozat în săpătură mai au pe deasupra o armură de protecţie, formată din benzi de oţel şi iută.

Inima cablurilor urbane e formată din conductori izolaţi în hârtie uscată, fie sub formă de panglică înfăşurată în spirală peste conductor, fie sub formă de pastă de hârtie, ce îmbracă conductorul ca un cilindru (pulpă). Firele izolate sunt grupate în perechi sau în grupe de câte patru

(quarte). Fiecare pereche sau quartă este răsucită cu un pas de răsucire de 20—50 cm, astfel ca pasurile grupelor vecine să fie diferite. Acest lucru este necesar pentru a reduce la minimum efectele de diafonie (auzirea convorbirilor de pe un circuit pe altul). In cablurile urbane quartele sunt formate în „stea", adică într'o secţiune transversală, cele 4 fire ocupă colţurile unui pătrat, iar firele corespunzătoare unei diagonale formează un circuit (fig. 1).

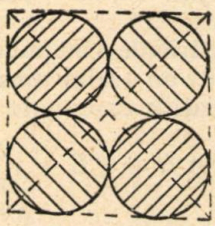


Fig. 1. Quartă în „stea".

Conductorii sunt de cupru de aceeaşi calitate ca la cablurile de repartitor şi au diametre de 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,9 mm. Mărimea cablurilor, adică numărul de perechi de fire— deci numărul de circuite urbane ce se pot obţine— variază între 20 şi 2400 perechi. Cablurile cele mai mari, de 2400 perechi, nu se fac decât din conductori de 0,4 mm diametru, iar inima lor nu e cablată în straturi concentrice, ci în fascicole de câte 100 perechi, pentru o mai uşoară identificare a firelor.

Mantaua de plumb este confecţionată din plumb curat, cu un adaus de 0,5—0,8% antimoniu, pentru sporirea rezistenţei mecanice şi reducerea cristalizării. Ea este perfect etanşă, pentru a păstra neschimbată atmosfera din interior, ceea ce se poate verifica prin încercări de presiune până la 3 at şi prin măsurători de izolament electric. Rezistenţa de izolament a unui fir faţă de toate celelalte, la temperatura de 20 °C, este de circa 1500 megohmi/km la cablurile mici (până la 100 perechi) şi circa 2000 megohmi/km la cablurile mari.

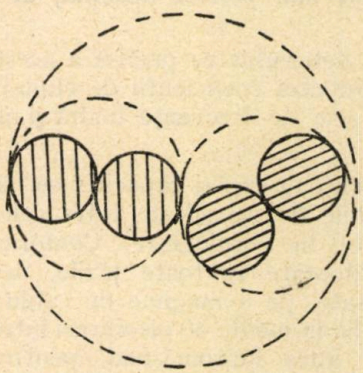
Capacitatea electrică efectivă a unei perechi de fire este mai mică decât la cablurile izolate în mătase şi bumbac, din cauza constantei dielectrice mai mici a stratului de aer şi hârtie. Valoarea nominală a acestei capacităţi variază între 0,038 şi 0,046 microfarazi/km, fiind mai mică la cablele mari.

Cablurile de tip urban se utilizează în cantităţi masive în reţelele telefonice pentru înlocuirea liniilor aeriene şi pentru desvoltarea reţelelor de centrale automate. Numeroasele centre industriale prevăzute a fi echipate cu centrale telefonice automate, vor fi cablate, pentru a permite o bună transmisie a vocii şi o corectă selecţionare numerică cu ajutorul impulsiilor emise de discul de apel.

Pentru refacerea reţelelor de cabluri urbane distruse în timpul războiului, s'au folosit cabluri aduse din Uniunea Sovietică. Acum, tot Uniunea Sovietică ne ajută să realizăm o industrie de cabluri la noi în ţară.

3. *Cablurile interurbane* se întrebuinţează pentru legăturile între localităţi diferite şi se pozează de obicei în săpătură. De aceea, ele au peste mantaua de plumb, o armură de protecţie, ce e formată din două benzi de oţel înfăşurate în spirală, având grosimea de 0,5 ÷ 1 mm. Intre mantaua de plumb şi benzile de oţel se află o saltea formată din 2 benzi de hârtie şi un strat de cânepă împregnată, iar peste armura de oţel sunt înfăşurate în două straturi, fire de iută împregnate, care sunt acoperite de o masă protectoare de bitumen, asfalt sau alte derivate din petrol. Cablurile ce se pozează pe fundul râurilor şi fluviilor (subfluviale) sunt armate cu două înfăşurări de sârmă de oţel, cu secţiune circulară sau în Z, pentru a avea o mai mare rezistenţă la întindere.

Inima cablurilor interurbane e formată din fire răsucite în quarte şi cablate în straturi concentrice. Quartele pot fi în „stea" (fig. 1) sau în *dublă pereche*, adică formate din două perechi răsucite fiecare cu un pas deosebit şi apoi perechile răsucite între ele cu un alt pas (fig. 2).



Fg. 2. Quartă DP.

Această conformaţie permite utilizarea circuitelor „fantomă", formate din două circuite reale cuprinse într'o quartă.

Izolaţia fiecărui conductor de cupru este realizată printr'o panglică de hârtie înfăşurată în spirală închisă şi ţinută la oarecare distanţă de conductor printr'un fir de hârtie tare (cordel) ce se înfăşoară în spirală largă, direct pe conductor. Grosimea firului suport (cordel) este cel mult 1/2 din diametrul conductorului, astfel că se menţine un spaţiu de aer, ca un manşon în tot lungul conductorului. Diametrele cele mai obişnuite de conductori la acest tip de cabluri sunt 0,9 mm, 1,2 mm, 1,3 mm şi 1,4 mm ; uneori se folosesc şi diametrele 0,8 mm şi 1 mm. Conductorii sunt făcuţi din sârmă cilindrică de cupru, cu rezistenţa 1/58 sau 1/57 ohmi pe 1 mm^2 şi 1 m lungime.

Capacitatea electrică efectivă a circuitelor depinde de natura lor (real, fantomă), de modul de răsucire (stea, DP) şi de tipul cablului. Astfel, la cablurile de tip I, pentru comunicaţii de frecvenţă vocală, pe quarte DP, capacitatea circuitelor reale este circa 38,5 nF/km, iar a circuitelor

fantomă de 1,6 ori mai mare. La cablurile tip II, tot pe quarte DP, capacitatea circuitelor reale este cuprinsă între 34 şi 36 nF/km (în funcţie de diametru), iar la fantome este de 1,6 ori mai mare.

Cablurile cu quarte în stea se întrebuinţează în general pentru transmisii cu frecvenţe înalte, aşa încât capacitatea efectivă se face mai mică, pentru a micşora atenuarea. Ea este de cel mult 33 nF/km pentru circuitele reale cu conductori de 0,9 mm şi cel mult 28 nF/km pentru conductori de 1,3 mm. In acest caz, circuitele fantomă nu se utilizează.

Rezistenţa de izolament a cablurilor interurbane trebue să fie mai mare decât a celor urbane, din cauza distanţelor mult mai mari pe care sunt întinse şi a condiţiilor mai riguroase de transmisie. In general, o lungime de fabricaţie de cablu (230 sau 460) va trebui să aibă cel puţin 10 000 megohmi/km, dar sunt cabluri care au 20 000 ÷ 20 000 megohmi/km.

Pentru a evita diafonia între circuite, cablul interurban trebue să aibe o omogenitate cât mai perfectă a constantelor dealungul lui şi o schemă de răsuciri, cu pasuri diferite, astfel ca să se obţină un cât mai perfect decuplaj al circuitelor vecine.

Pentru determinarea precisă a acestor calităţi se întrebuinţează coeficienţii de cuplaj capacitiv, iar la cablele de frecvenţă înaltă şi inductanţele mutuale.

Coeficienţii de cuplaj capacitiv se măsoară prin desechilibrele de capacitate între cele două circuite luate în considerare. Conform prescripţiunilor adoptate în toate ţările, desechilibrele de capacitate, pe o lungime de cablu de 230 m trebue să fie în mediu 40 picofarazi între real—real şi 75 pF între fantomă-real, pentru circuitele din aceeaşi quartă sau din quarte vecine. Desechilibrele de capacitate faţă de pământ (asimetria) a circuitelor situate în stratul exterior trebue să fie în mediu 150 pF pentru real şi 300 pF pentru fantomă.

Inductanţele mutuale admisibile, pentru circuitele folosite la frecvenţe înalte până la 108 kHz, sunt în mediu de 0,150 microhenri între perechile din aceeaşi quartă şi 0,100 μH între perechile vecine.

Cablurile interurbane, — cu toate dificultăţile lor de fabricaţie, determinate de performanţele riguroase impuse de condiţiile de transmisie, — tind să înlocuiască treptat linile telefonice aeriene, mai ales pe cele principale, prevăzute cu multe circuite. La noi în ţară urmează să se pozeze, în viitorii câţiva ani, cabluri interurbane de mare distanţă, pe arterele principale necablate încă.

Caracteristicile electrice ale acestor cabluri, — definite prin constantele primare şi secundare ale circuitelor respective, — trebue să corespundă condiţiilor de transmisie multiplă, cu frecvenţe vocale şi frecvenţe înalte, astfel ca să poată fi folosite sistemele moderne de telefonie, cu 8 sau 12 căi pe un singur circuit.

CALCULUL UNOR CONSTANTE PRIMARE ŞI SECUNDARE A CABLURILOR TELEFONICE

Constantele primare ale unui circuit în cablu sunt rezistenţa R, perditanţa G, capacitanţa C şi inductanţa L, toate considerate uniform distribuite dealungul cablului şi raportate la 1 km de circuit bifilar.

Pentru determinarea formulelor care dau aceste constante primare (în realitate parametri variabili, deoarece depind de frecvenţă) se poate pleca dela ecuaţiile fundamentale ale câmpului electromagnetic.

Se ştie că mărimile câmpului magnetic şi al celui electric, într'un regim dinamic, sunt legate între ele prin relaţiile exprimate vectorial :

$$\text{rot } H = g E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\text{rot } E = - \mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

In ipoteza că variaţiile câmpurilor sunt sinusoidale, vom avea $\partial/\partial t = j\omega$, iar dacă ne oprim la frecvenţele vocale, curentul de deplasare va fi foarte mic, astfel că putem neglija termenul corespunzător $\varepsilon\,(\partial E/\partial t)$. Exprimând sistemul de ecuaţii de mai sus prin componentele câmpurilor în coordonate cilindrice, obţinem un sistem de 6 ecuaţii diferenţiale :

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial E_\varphi}{\partial r} + \frac{E_\varphi}{r} - \frac{1}{r}\frac{\partial E_r}{\partial \varphi} = -j\omega\mu H_z \\
&\frac{1}{r}\frac{\partial E_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial E_\varphi}{\partial z} = -j\omega\mu H_r \qquad (1)\\
&\frac{\partial E}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial r} = -j\omega\mu H_\varphi \\
&\frac{\partial H_\varphi}{\partial r} + \frac{H_\varphi}{r} - \frac{1}{r}\frac{\partial H_r}{\partial \varphi} = gE_z \\
&\frac{\partial H_z}{r\partial \varphi} - \frac{\partial H_\varphi}{\partial z} = gE_r \qquad (2)\\
&\frac{\partial H_r}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial r} = gE_\varphi
\end{aligned}$$

Se poate considera că, pentru frecvenţele vocale, curentul circulă numai în direcţia longitudinală a conductorilor, astfel că dintre cele 6 componente ale câmpurilor rămân numai E_z, H_r şi H_φ, celelalte fiind zero. Sistemul se reduce deci la 3 ecuaţii :

$$H_r = -\frac{1}{j\omega\mu r}\cdot\frac{\partial E_z}{\partial \varphi} \qquad (3a)$$

$$H_\varphi = \frac{1}{j\omega\mu}\cdot\frac{\partial E_z}{\partial r} \qquad (3b)$$

$$\frac{\partial H_\varphi}{\partial r} + \frac{H_\varphi}{r} - \frac{1}{r}\frac{\partial H_r}{\partial \varphi} = gE_z \qquad (4)$$

După diferenţierea lui H_r în funcţie de φ şi a lui H_φ în funcţie de r şi înlocuirea acestora în ecuaţia (4) obţinem ecuaţia diferenţială de ordinul 2 :

$$\frac{\partial^2 E_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2 E_z}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial z^2} = jk^2 E_z \qquad (5)$$

unde k este constanta curenţilor Foucault, definită de expresia :

$$k^2 = g\omega\mu.$$

Având în vedere că variaţia lui E_z pe unitate de lungime este mică, valoarea lui $\partial^2 E_z/\partial_z{}^2$ este neglijabilă faţă de ceilalţi termeni, aşa încât avem :

$$\frac{\partial^2 E_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 E_z}{\partial \varphi^2} = jk^2 E_z. \qquad (6)$$

Soluţia acestei ecuaţii se obţine cu ajutorul funcţiilor Bessel, cu variabilă complexă :

$$E_z = [A_n I_n(\sqrt{j}\,kr) + B_n K_n(\sqrt{j}\,k\,r)] \\ (C_n \cos n\varphi + D_n \sin n\varphi) \qquad (7)$$

unde I_n şi K_n sunt funcţiuni Bessel de speţa I şi a II-a, de ordinul n, iar A_n, B_n şi D_n sunt constantele de integrare.

Deoarece funcţia Bessel de speţa II-a devine infinită, pentru un argument zero ($K_r(0) = \infty$), ceeace ar însemna că în axul conductorului ($r = 0$) câmpul electric este infinit, deci o imposibilitate fizică, trebue să admitem că termenul respectiv este zero, adică $B_n = 0$.

Apoi, dată fiind simetria celor 2 conductori dintr'o pereche, faţă de o axă ce uneşte centrele celor 2 cercuri de secţiune (fig. 3), vom avea $D_n = 0$ şi $n = 0,\ 1,\ 2,\ 3,$ etc.

Prin urmare :

$$E_z = \sum_{n=0}^{n=\infty} A_n I_n(\sqrt{j}\,kr)\cos n\varphi. \qquad (8)$$

Pentru cablele de frecvenţă vocală $kr = r\sqrt{g\omega\mu} = x$ este o valoare relativ mică şi se poate considera că tinde spre zero, când frecvenţa scade. Atunci putem scrie :

$$\left.\begin{aligned} I_0(\sqrt{j}\,x) &= 1 \quad \text{dacă } n = 0 \\ I_n(\sqrt{j}\,x) &= 0 \quad \text{dacă } n \neq 0 \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

$$x \to 0$$

In acest caz câmpul electric în conductor devine

$$E_z = A_0 I_0(\sqrt{j}\,kr) \qquad (10)$$

iar câmpul magnetic :

$$H_\varphi = \frac{\sqrt{j}\,k A_0}{j\omega\mu} I_1(\sqrt{j}\,kr). \qquad (11)$$

Rezultă rezistenţa ohmică şi inductanţa internă a unui conductor de cupru, respectiv :

$$R_a = \frac{22{,}4}{d_0^2}\ \Omega/\text{km} \quad \text{şi} \quad L_{ia} = \frac{1}{2}10^{-4}\ \text{H/km}.$$

Deoarece cei doi conductori sunt identici (circuit simetric), vom avea :

$$R_a = R_b \quad \text{şi} \quad L_{ia} = L_{ib}$$

sau :

$$R = R_a + R_b = \frac{44{,}8}{d_0^2}\ \Omega/\text{km şi } L_i = 10^{-4}\ \text{H/km}. \qquad (12)$$

Pentru determinarea inductanţei exterioare L_e a circuitului, luăm ecuaţia (6), în care admitem pentru dielectric (aer şi hârtie) $g = 0$, deci $k = 0$:

$$\frac{\partial^2 E_z}{\partial r^2} + \frac{\partial E_z}{r\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 E_z}{\partial \varphi^2} = 0 \qquad (13)$$

Soluţia acestei ecuaţii este :

$$E_z = B_0 \ln r + C_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty}(B_n r^n + C_n r^{-n})\cos n\varphi$$

unde B_0, C_0, B_n şi C_n sunt constante de integrare. Câmpul magnetic H_φ pe suprafaţa unui conductor singular, se obţine din relaţia precedentă, cu ajutorul ecuaţiei (3 b) :

$$H_\varphi = \frac{B_0}{j\omega\mu r} + \sum_{n=1}^{n=\infty} n\frac{(B_n r^{n-1} - C_n r^{-n-1})}{j\omega\mu}\cos n\varphi$$

dar H_φ se mai determină şi din ecuaţia (11). Egalând aceste două expresii, obţinem :

$$\frac{B_0}{j\omega\mu r_a} + \sum_{n=1}^{n=\infty} n\frac{(B\ r_a^{n-1} - C_n r_a^{-n-1})}{j\omega\mu}\cos n\varphi = \\ = \frac{\sqrt{j}\,kA_0}{j\omega\mu} I\cdot(jkr_a).$$

Se vede că membrul al doilea este independent de n; rezultă că şi membrul întâi trebue să fie independent de n, adică trebue să avem $B_n = C_n = 0$. Atunci câmpul magnetic H_φ pe suprafaţa conductorului a produs de curentul în a capătă expresia $H_{\varphi a} = \frac{B_0}{j\omega\mu r}$.

Constanta de integrare are valoarea $B_0 = j\omega\mu I/2\pi$, aşa că :

$$H_{\varphi a} = \frac{I}{2\pi r}.$$

La fel se determină câmpul magnetic în acelaşi loc, produs de curentul din celălalt conductor, b :

$$H_{\varphi b} = -\frac{I}{2\pi(a - r)}.$$

Din fig. 3 se vede că în orice punct.

$$H_\varphi = H_{\varphi a} + H_{\varphi b} = \frac{I}{2\pi}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a-r}\right) \qquad (14)$$

Prin urmare, inductanţa externă a circuitului bifilar va fi :

$$L_e = \frac{\mu}{I}\int_{r_a}^{a-r_b}\frac{I}{2\pi}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a-r}\right)dr = \frac{\mu}{2\pi}\left(\ln\frac{a - r_b}{r_a} - \right. \\ \left. - \ln\frac{r_b}{a - r_a}\right)$$

Circuitul fiind simetric, avem $r_a = r_b = d_0/2$, iar pentru cupru avem $\mu = 4\pi\cdot 10^{-7}$, astfel că :

$$L_e = 4\ln\frac{2a - d_0}{d_0}10^{-4}\ \text{H/km}.$$

Deci inductanța totală a circuitului va fi $L = L_i + L_e$

$$L = \left(4 \ln \frac{2a - d_0}{d_0} + 1\right) 10^{-4} \text{ H/km.}$$

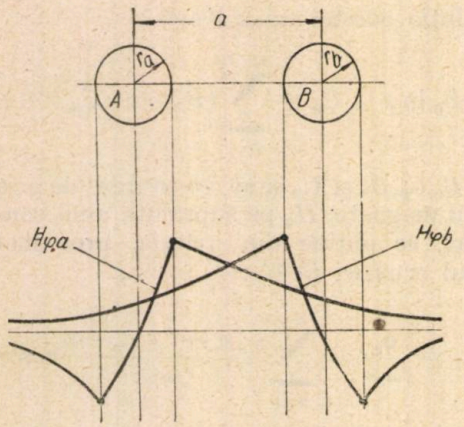


Fig. 3. Câmpul magnetic.

In ceeace privește capacitatea efectivă a circuitului se poate calcula cu ajutorul ecuațiilor ce exprimă potențialele conductorilor în funcție de sarcinile electrice respective, cu ajutorul coeficienților de potențial, $U_k = \alpha_{ik} Q_i$.

Dacă ne referim la fig. 4, se vede că valoarea capacității efective a unei perechi, de pildă 1—2, este suma electrică a capacităților parțiale C_{ik} și anume :

$$C = C_{12} + \frac{(C_{13} + C_{14})(C_{23} + C_{24})}{C_{13} + C_{14} + C_{23} + C_{24}} + \frac{C_{11} + C_{12}}{C_{11} + C_{12}} \quad (15)$$

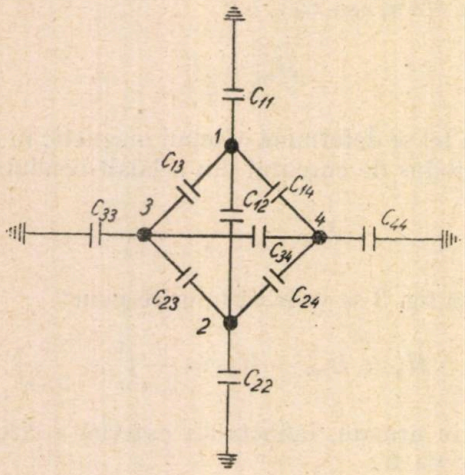


Fig. 4. Capacitățile parțiale între conductori.

Dacă admitem simetria electrică a perechilor de conductori, atât una față de alta cât și față de pământ (mantaua de plumb), avem : $C_{11} = C_{22}$, $C_{13} = C_{14} = C_{23} = C_{24}$.

In acest caz, ecuația (15) devine :

$$C = C_{12} + C_{13} + \frac{C_{11}}{2}$$

sau, exprimată în funcție de coeficienții de potențial α_{ik}

$$C = \frac{1}{2(\alpha_{11} - \alpha_{12})} \quad (16)$$

Valoarea coeficienților de potențial, într'un mănunchiu strâns de fire, cum este inima unui cablu, este dată de formula

$$\alpha_{ik} = \frac{1}{2\pi\varepsilon l} \ln \frac{D_{ik}}{d_{ik}}$$

unde ε — constanta dielectrică rezultantă a izolației de hârtie și aer (în F/cm) ;

l — lungimea conductorului considerat, în cm ;

D_{ik} — distanța între axul conductorului i și axul conductorului imagine k ;

d_{ik} — distanța între conductorii i și k, iar d_{ii} raza unui conductor i.

Introducând valorile corespunzătoare pentru α în (16) obținem

$$C = \frac{\pi\varepsilon l}{\ln \frac{d_{12} D_{11}}{d_{11} D_{12}}} \text{ F}$$

sau, raportat la 1 km lungime și prezentat în altă formă

$$C = \frac{\varepsilon_r \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left(\frac{2a}{d_0} \psi\right)} \text{ F/km} \quad (17)$$

unde ε_r este constanta dielectrică relativă $(\varepsilon/\varepsilon_0)$, $a = d_{12}$, $d_0 = 2d_{11}$ și $\psi = D_{11}/D_{12}$ este coeficientul ce caracterizează tipul de răsucire, putând varia între 0,6 și 0,9.

Constantele secundare ale unui circuit sunt constanta de propagare γ și impedanța caracteristică Z.

Constanta de propagare fiind o mărime complexă, se folosesc în practică cele două părți, reală și imaginară, a acestei mărimi : $\gamma = \alpha + j\beta$, unde α este atenuarea undei pe km și β defazarea undei pe km.

Expresiile acestor constante în funcție de R, G, L și C, sunt pentru cazul general, destul de complicate.

Deaceea, pentru cazuri specifice, se utilizează formule aproximative. Astfel, pentru cablurile urbane, care au perditanța G neglijabilă și reactanța ωL mică în raport cu R, se pot folosi formulele :

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega C}{2}(R - \omega L)}, \quad \beta = \sqrt{\frac{\omega C}{2}(R + \omega L)} \quad (18)$$

dacă $\omega L/R \leqslant 0{,}1$

și

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega CR}{2}}, \quad \beta = \sqrt{\frac{\omega CR}{2}} \quad (19)$$

dacă $\omega L/R \leqslant 0{,}01$.

Impedanța caracteristică este și ea o mărime complexă, fiind raportul între tensiunea și curentul în orice punct al circuitului, presupus omogen și infinit lung.

Ea se exprimă sau sub forma de parte reală şi parte imaginară $Z = Z\cos\varphi + jZ\sin\varphi$, sau sub forma de modul şi argument $Z = |Z|\underline{\varphi}$.

Pentru cazul precedent, al cablurilor urbane, formula aproximativă este

$$Z = \sqrt{\frac{R}{\omega C}}\, e^{-j\frac{\pi}{4}}$$

Dacă introducem în formula (19) expresia găsită anterior pentru rezistenţă ($R = 44{,}8/d_0^2$) şi valoarea practică pentru capacitatea efectivă $C = 40$ n F/km, obţinem o formulă simplă a atenuării cablurilor urbane la frecvenţa $f = 800$ Hz : $a = 0{,}068\ l/d_0$, unde $a = \alpha l$ este atenuarea în neperi pe o lungime l (km) şi d_0 diametrul conductorului gol, în mm. Tot aşa putem obţine modulul impedanţei caracteristice :

$$|Z| = 474/d_0, \text{ în ohmi.}$$

Pentru alte tipuri de cabluri, cum sunt cele interurbane, de frecvenţă vocală sau înaltă, se pot deduce alte formule practice. Dacă se ia în consideraţie şi atenuarea de diafonie şi impedanţa mutuală, pentru propagarea nedorită dela un circuit la altul, fenomenele se complică mult şi formulele devin foarte desvoltate. In aceste cazuri, se preferă metoda experimentală a măsurătorilor electrice, cu aparate speciale, concepute pentru tehnica diafoniei.

Bibliografie

(1) *Kuleşov V. I.* : Normalizarea conductorilor în cablu Tehnica telecomunicaţiilor, 3 (1932).

(2) *Kuleşov V. I.* : Capacitatea circuitelor fantomă. Electrocomunicaţii, Sviazizdat, Moscova, 1940.

(3) *Kurbatov N. D.* : Linii de cabluri de telecomunicaţii. Sviazizdat, Moscova, 1940.

(4) *Kovalencov V. I.* : Fenomenele electromagnetice dealungul liniilor conductoare, 1945.

★

КОНСТРУКТИВНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕФОННЫХ КАБЕЛЕЙ

Резюме

После указания важного значения развития кабельной промышленности в Р. Н. Р., в особенности в связи с планом электрификации, даются конструктивные данные различных типов кабелей, используемых в телефонном деле : распределительные кабели, кабели городской сети и кабели междугородней связи.

Затем излагаются теоретические основы расчета первичных и вторичных параметры цепе в йакбелях и дается несколько практических формул для кабелей городских сетей. В заключени, подчер кивается сложность вопроса диафонии между цепями, находящимися в одном и том же кабеле.

★

PILE DE COMBUSTIE

Conf. Ing. L. FIHMAN

După ce în primul articol au fost expuse bazele teoretice ale arderii electrochimice a combustibililor în elementele galvanice de combustie, în acest al doilea articol se arată sistemele electrochimice utilizate şi construcţia lor. Se descrie deasemenea un element clor-hidrogen pentru recuperarea energiei electrice în procesul de producerea electrolitică a sodei şi potasei caustice. Sunt redate realizările sovietice în domeniul elementelor de combustie şi al elementului clor-hidrogen.

Intr'un articol anterior [1] s'a arătat că ideea construirii elementului de combustie, adică a unui aparat, în care se poate elibera energia arderii combustibililor, direct sub forma energiei electrice, este principial posibilă în elementele galvanice, utilizând sistemele electrochimice hidrogen-oxigen şi carbon-oxigen [1].

Insă cu toate sforţările însemnate ale diverşilor cercetători, realizarea pilelor de combustie chiar în condiţii de laborator, nu a putut fi făcută decât de foarte puţini. Stadiul actual al ştiinţei şi tehnicei permite însă să credem că, construirea pe scară industrială a acestor pile şi a unei prime uzine electrochimice experimentale pentru producerea energiei electrice, poate fi considerată ca realizabilă.

Care sunt piedicile întâmpinate până acum, care urmează a fi învinse? Pe de altă parte, urmează a se vedea care sunt mijloacele de cercetare ştiinţifică şi de realizare practică, azi la dispoziţia noastră, care permit înlăturarea acestor piedici?

Se va analiza elementul de combustie hidrogen-oxigen separat de elementele de combustie carbon-oxigen.

1. ELEMENTUL HIDROGEN-OXIGEN

Reacţia de funcţionare este :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 136{,}7 \text{ kcal.}$$

Elementul construit pe baza acestei reacţii de funcţionare, după cum a stabilit O. K. Davtian [2], are un coeficient de temperatură al forţei electromotoare $\frac{dE}{dT}$ negativ, astfel că forţa electromotoare a acestui element este mai mică decât cea corespunzătoare efectului termic, iar elementul se încălzeşte în timpul descărcării. Forţa electro-

motoare, stabilită pe bază de calcul (la 25 °C) este egală cu 1,227 V.

Potențialul electrodului de hidrogen este determinat de echilibrul cinetic al reacției de ionizare (oxidare) care are loc la acest electrod :

$$H_2 \rightleftarrows H + H$$

$$H + H_2O \rightleftarrows H^+ \cdot H_2O + e^- \qquad (1)$$

(e^- — electron).

Mărimea acestui potențial este dată de expresia :

$$\pi_H = \frac{RT}{F} \ln \frac{C_H^+}{\sqrt{P_{H_2}}} \qquad (2)$$

In diagrama din fig. 3 a articolului anterior [1] se poate vedea variația potențialului de hidrogen în funcție de pH pentru diferite valori ale presiunii hidrogenului gazos. In aceeași diagramă, termenul r_H indică valoarea negativă a exponentului presiunii hidrogenului, de exemplu dacă :

$$P_{H_2} = 10^{-20} \qquad r_H = 20.$$

Potențialul electrodului de oxigen este determinat de echilibrul cinetic al reacției de reducere ce are loc la acest electrod.

$$O_2 \rightleftarrows O + O$$

$$O + 2e^- \rightleftarrows O^{--}. \qquad (3)$$

Valoarea acestui potențial este dată de expresia :

$$\pi_0 = 1{,}229 + \frac{RT}{nF} \ln C_H^+ + \frac{RT}{F} \ln P_{O_2} \qquad (4)$$

Variația mărimii potențialului electrodului de oxigen în funcție de pH și de presiunea P_{O_2} a oxigenului gazos sunt deasemenea redate în fig. 3 din articolul anterior [1].

Valorile r_0 indică valori negative ale exponentului presiunii oxigenului.

In circuit deschis, forța electromotoare rezultată

$$E = \pi_0 - \pi_H = 1{,}227 \text{ V} \qquad (5)$$

este datorată reacțiilor de echilibru de mai sus.

Indată ce însă elementul galvanic format începe să debiteze pe circuit exterior, apar fenomenele de polarizare, care depind mai ales de intensitatea curentului debitat și de natura electrodului inert, care formează suportul electrozilor gazoși. Fenomenele de polarizare depind și de temperatura și timpul cât durează funcționarea elementului.

Aceste procese de polarizare fac ca valorile inițiale ale potențialelor celor 2 electrozi să-și schimbe valoarea cu o mărime variabilă.

Mult timp, cauzele care provoacă fenomenele de polarizare nu erau suficient de cunoscute ; în ultimele două decenii însă, polarizarea electrozilor gazoși a fost în mare parte lămurită, stabilindu-se legea variației potențialului în funcție de natura electrodului inert — de densitate de curent și de temperatură.

In cazul electrodului (anodului) de hidrogen, mărimea variabilă cu care se modifică în timpul funcționării valoarea potențialului, denumită supratensiunea hidrogenului $\Delta\pi_H$ are ca expresie

$$\Delta\pi_H = \pi_H - \pi'_H \qquad (6)$$

în care π_H are valoarea din relația (2) și reprezintă potențialul de echilibru, iar π'_H — potențialul în timpul funcționării.

Polarizarea electrodului de hidrogen depinde de variația concentrației ionilor de hidrogen în soluție — polarizarea de concentrație — conform relației :

$$\Delta\pi'_H = \frac{RT}{F} \ln \frac{C_{H^+ \text{ (electrod)}}}{C_{H^+ \text{ (soluție)}}} \qquad (7)$$

și de un fenomen special denumit supratensiune de descărcare, care se manifestă prin frânarea reacției (1) la electrod și care este supus următoarei legi :

$$\Delta\pi''_H = a + b \log J \qquad (8)$$

în care a și b sunt constante și J — densitatea curentului de descărcare. Suma $\Delta\pi_H = \Delta\pi'_H + \Delta\pi''_H$ reprezintă mărimea variabilă cu care se modifică valoarea potențialului electrodului de hidrogen la diferitele regimuri de funcționare (tabela 1).

Valorile supratensiunii de descărcare la diferite materiale ale electrozilor suport *Tabela 1*

Materialul electrodului suport	Supratensiunea hidrogenului						Supratensiunea oxigenului					
	Coeficientul b	Densitatea de curent mA/cm²					Coeficientul b	Densitatea de curent mA/cm²				
		0	1	5	10	15		0	1	5	10	15
			Coeficientul a						Coeficientul a			
Cupru	0,350	−0,670	−0,520	−0,260	−0,150	−0,100	0,360	+0,200	0,000	−0,260	−0,380	−0,420
Oxid de cupru	—	—	—	—	—	—	—	−0,200	0,000	−0,275	−0,390	−0,455
Cobalt	0,240	−0,770	−0,610	−0,445	−0,370	−0,330	0,230	−0,050	−0,230	−0,320	−0,350	−0,375
Grafit	—	—	—	—	—	—	0,580	+0,150	−0,050	−0,465	−0,650	
Nichel (pur)	0,250	−0,770	−0,660	−0,495	−0,410	−0,360	0,260					
10% Ni+90% C (cărbune activ)	0,180	−0,820	−0,600	−0,600	−0,550	−0,510						
Ag 10%+90% C	0,120	−0,840	−0,800	−0,720	−0,680	−0,660						
Platină	0,119	−0,840	−0,820	−0,740	−0,680	−0,660						
Fier	—	—	—	—	—	—	0,380	+0,230	+0,170	+0,075	+0,045	+0,20
Sub oxid de fier Fe_2O	—	—	—	—	—	—	—	+0,230	+0,110	−0,170	−0,290	−0,355
Oxid de fier Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—	—	+0,050	−0,200	−0,600	−0,750	

Polarizarea de concentraţie $\Delta\pi'_H$ depinde de viteza de difuzie a ionilor de hidrogen, precum şi de mobilitatea acestui ion, care participă la transportul curentului. Următoarea expresie arată legea variaţiei acesteia :

$$J = \frac{ED_{H^+}}{\delta n} C_{H^+} \left(1 - e^{\frac{\Delta\pi' F}{KT}}\right), \qquad (9)$$

în care D_{H^+} este coeficient de difuzie al hidrogenului în electrolitul respectiv, C_{H^+} — concentraţia ionilor de hidrogen în acest electrolit, n — mobilitatea lui, δ — grosimea stratului de difuzie, K — constanta Boltzmann, F — constanta Faraday, T — temperatura absolută în °K. Supratensiunea, de descărcare $\Delta\pi''$ care variază conform relaţiei (8) depinde de următorii factori :

1. Natura electrodului suport, deoarece coeficientul a, care reprezintă mărimea supratensiunii la o densitate de curent egală cu o unitate convenţională oarecare (de exemplu 1 mA/cm²), variază dela o substanţă la alta, conform datelor arătate în tabela 1.

2. Densitatea de curent : constanta b diferă şi ea, însă în limite mult mai mici, cu natura substanţei suport, variaţia principală a potenţialului este datorită mărimii densităţii de curent.

In ceeace priveşte polarizarea electrodului de oxigen, cu toate că fenomenele sunt mai puţin clarificate, se poate admite fără prea mare eroare, că ea este supusă aceloraşi legi ca şi polarizarea electrodului de hidrogen, mai ales în privinţa supratensiunii de descărcare.

In tabela 1 se dau valorile supratensiunii hidrogenului şi oxigenului la diverse densităţi de curent şi de diferiţi electrozi suport.

Legile reproduse pe scurt în cele de mai sus arată că pentru a micşora la minimum efectele polarizării electrozilor la densităţi de curent date, este necesar în primul rând a se alege un material suport adecuat, iar în al doilea rând, a se asigura o egalizare permanentă a concentraţiei ionilor în zona electrodului şi în stratul de difuzie din electrolit.

Folosirea materialului suport (masa suport sau electrod suport) este necesară după cum s'a arătat în articolul precedent, deoarece corpurile în stare gazoasă nu pot servi ca electrozi electrochimici decât când particulele lor se aşează în virtutea forţelor de adsorbţie pe anumite corpuri, care posedă aceste proprietăţi de adsorbţie. (fig. 1).

Aceste mase sau electrozi suport trebue să prezinte o suprafaţă de adsorbţie activă cât mai mare, astfel ca densitatea aşezării particulelor să fie şi ea foarte mare. In aceste condiţii un gaz ionizabil în electrolitul dat, adsorbit pe suprafaţa electrodului suport, se comportă faţă de acest electrolit ca un corp solid cu structura ionică sau metalică, eliberând sau fixând sarcini electrice.

Electrodul suport trebue să corespundă, în principiu, următoarelor condiţii :

1. Electrodul suport trebue să fie bun conducător de electricitate, pentru a putea canaliza şi conduce sarcinile eliberate în timpul procesului electrochimic la suprafaţa electrozilor activi.

2. Electrodul suport, neparticipând activ la reacţia de funcţionare, trebue să fie inert faţă de electrolit şi să nu intre în reacţie cu gazul activ respectiv. Legile polarizării electrozilor gazoşi arată însă că fenomenele de polarizare depind de natura electrodului gazos presupus inert. Acest lucru indică că electrozii suport, cu toate că nu reacţionează chimic cu gazul şi electrolitul dat, pot avea totuşi acţiune catalizatoare asupra vitezei reacţiei sau s'o dirijeze pe anumite căi.

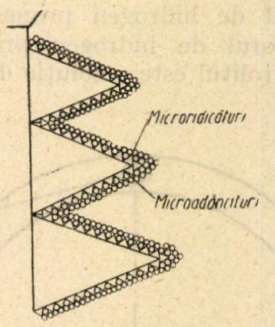


Fig. 1. Suprafaţa de adsorbţie formând electronul suport.

Rezolvarea justă a construcţiei electro suport prezintă prima problemă importantă în construcţia elementelor cu electrozi gazoşi şi în speţă a elementelor de combustie hidrogen-oxigen.

Problema menţinerii concentraţiei ionilor în zona activă a electrodului gazos depinde în parte de construcţia electrodului suport, prin posibilităţile ce le oferă liberii circulaţii a electrolitului. Restul este legat de coeficientul de difuzie al electroliţilor întrebuinţaţi, de mobilităţile ionilor, de temperatura de funcţionare şi de alţi factori de mai mică importanţă.

In construcţia elementelor cu electrozi gazoşi există azi o experienţă destul de mare, câştigată în industria elementelor galvanice cu depolarizare gazoasă (polul pozitiv) prin oxigenul din aer şi mai ales la elementele Achimuşchin şi Spiridonov, construite în U.R.S.S. [3].

In acest tip de elemente polul pozitiv este constituit din electrod gazos de oxigen, la care electrodul suport este în forma de baston sau de masă aglomerată de cărbune activat foarte poros, având partea superioară în contact direct cu aerul ambiant.

Pe măsura consumării oxigenului adsorbit la suprafaţa cărbunelui, elementul absoarbe din nou din aer oxigenul necesar, „elementul respiră". Pentru a putea mări intensitatea curentului debitat de aceste elemente galvanice, electrodul suport trebue să aibe o suprafaţă activă cât mai mare (volum mare), să fie cât mai permeabil faţă de aer şi cât mai puţin permeabil faţă de electrolit. Pătrunderea electrolitului în porii electrodului suport, umezirea electrodului, micşorează căile de pătrunderea aerului, astupându-le. Limita de funcţionare a electrodului pozitiv este determinată de timpul de umezire a electrodului

suport. In elementele moderne, electrodul suport se prepară din masa de cărbune activat, impregnat în mod special cu substanţe hidrofobe cu parafină, clei de cauciuc, etc., menite a împiedica umezirea masei suport.

O interesantă realizare a fost făcută în Laboratoarele Institutului Energetic al Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S. a elementului de combustie oxigen-hidrogen, de către O. K. Davtian. Elementul se compune din 2 electrozi de difuzie (fig. 2) distanţaţi între ei, de construcţie relativ simplă. Electrodul de oxigen este în contact direct cu aerul, iar electrodul de hidrogen primeşte hidrogenul dela generatorul de hidrogen printr'un racord special. Electrolitul este o soluţie de 35% NaOH.

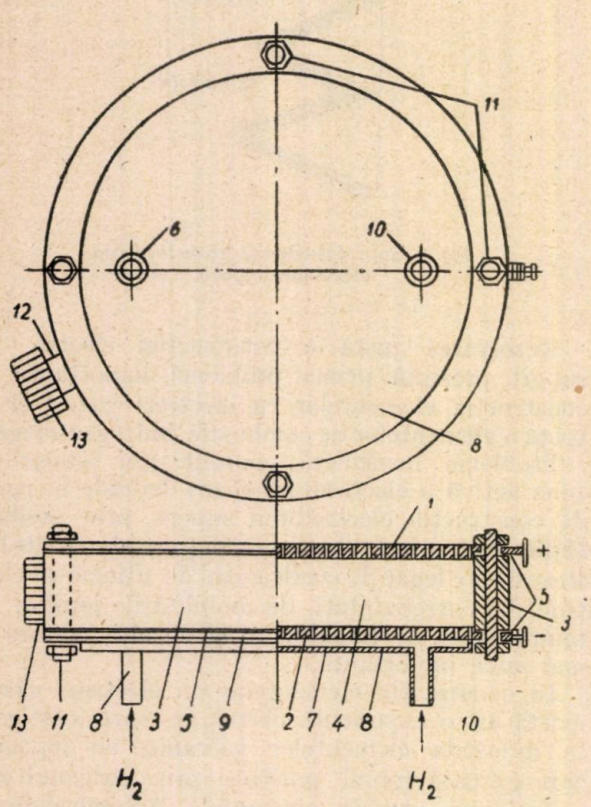


Fig. 2. *1*—electrod pozitiv de oxigen; *2*—electrod negativ de hidrogen; *3*—inel de distanţare de ebonită; *4*—spaţiu pentru electrolit; *5*—garnituri de etanşare din cauciuc; *6*—racord cu generator de hidrogen; *7*—spaţiul de circulaţie a hidrogenului; *8*—carcasa elementului; *9*—garnitura de etanşare între carcasă şi electrodul de hidrogen; *10*—tub de evacuare a hidrogenului; *11*—şuruburi de asamblare; *12*—orificiul pentru introducerea electrolitului; *13* — dop.

Electrodul de oxigen şi de hidrogen au o construcţie identică, reprezentând ceeace se numeşte electrozi de difuzie. Construcţia constă din două plăcuţe subţiri rotunde de fier nichelat, perforate. Spaţiul între ele este umplut cu masa suport diferită pentru electrodul de oxigen, de cea pentru electrodul de hidrogen. Aceste mase suport sunt astfel concepute încât să prezinte calităţile necesare unei bune funcţionări: capacitate mare de adsorbţie, bună conductibilitate, inerţie faţă de electrolit şi acţiunea catalizatoare asupra reacţiei generatoare de curent.

Pentru ca în timpul funcţionării plăcile să nu se umfle şi pentru a asigura un contact permanent între masa suport şi plăci, din loc în loc sunt prevăzute fixări speciale a celor două plăci între ele, iar la margini ele se îmbină una în alta. Suprafeţele electrozilor de difuzie se acoperă cu un strat subţire de parafină pentru a opri pătrunderea electrolitului în masa suport a electrozilor, permiţând totuşi libera circulaţie a hidrogenului şi oxigenului.

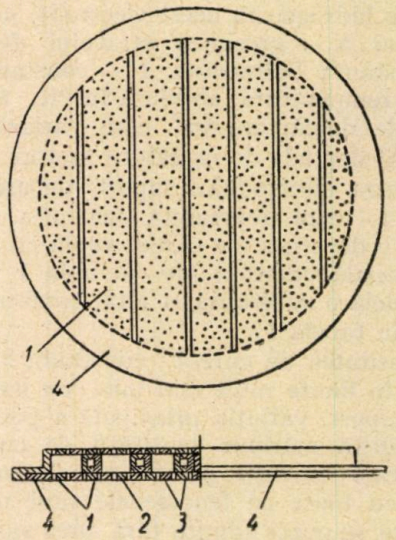


Fig. 3. *1*—plăci de fier perforate; *2*—masa suport pentru gaze active; *3*—nituri de strângere a plăcilor; 4—îmbinarea marginilor electrozilor.

Diferenţa esenţială între cei 2 electrozi constă în natura chimică a maselor suport. Masa suport a electrodului de hidrogen este compusă dintr'un amestec de 10% argint şi 90% cărbune activat, iar cea a electrodului de oxigen din 10% nichel spongios şi 90% cărbune activat. Ambele mase conţin un liant ca, clei de cauciuc. După preparare şi uscare, ele se presează sub forma de pastile.

Caracteristica de funcţionare $U = f(J)$ (fig. 4) (tensiunea la borne în funcţie de curent de descărcare) a elementului descris este exprimată prin

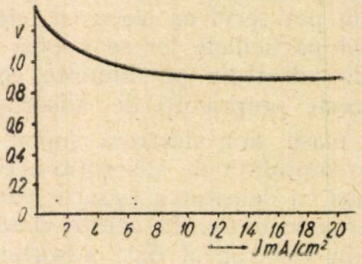


Fig. 4. Caracteristica $V = f(J)$ a elementului hidrogen-oxigen

curba logaritmică, arătând o micşorare a căderii de tensiune, pe măsura creşterii densităţii de curent. Curba este sensibil aceeaşi pentru potenţialele celor 2 electrozi măsurate separat (fig. 5).

Faţă de calculul teoretic al forţei electromotoare a elementului care indică circa 1,23 V,

elementul realizat de O. K. Davtian are o tensiune la borne de 0,7 V, la o densitate de curent debitat de 1 A/dm². Tensiunea poate fi mărită prin prepararea specială a materialului suport, ceea ce mărește acțiunea sa catalizatoare.

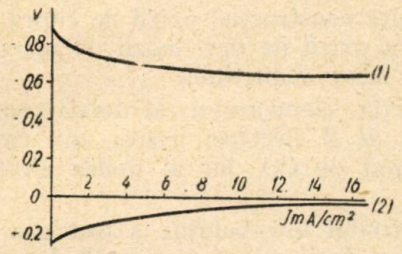


Fig. 5. Caracteristicile $V = f(J)$ a electrozilor de hidrogen (*1*) și oxigen (*2*).

Elementul poate funcționa și ca acumulator, reacțiile fiind reversibile. El prezintă în acest caz construcția normală a unui electrolizor, înzestrat cu baloane sau rezervoare pentru înmagazinarea gazelor produse.

Randamentul energetic al elementului realizat este de 55—65% (în funcție de regim de descărcare).

Elementul descris prezintă în timpul funcționării următoarele dificultăți tehnice: hidrogenul produs pe cale industrială conține oxid și bioxid de carbon, care combinându-se cu electrolitul — hidratul de sodiu sau potasiu, dau carbonatul de sodiu sau potasiu, fapt care condiționează o schimbare a compoziției electrolitului.

Deasemenea, aerul atmosferic care servește ca sursă de oxigen conține bioxidul de carbon. Purificarea gazelor active până la puritatea necesară unei bune funcționări, constitue una din problemele importante în rezolvarea realizării industriale a elementului de combustie hidrogen-oxigen.

Elementul de combustie hidrogen-oxigen, după realizarea lui practică, va marca un pas enorm înainte în desvoltarea surselor electrochimice de energie electrică, prin randamentul lui foarte ridicat, prin capacitatea masică și de volum foarte mare și prin faptul că poate funcționa ca acumulator de energie electrică.

2. ELEMENTUL DE COMBUSTIE CARBON-OXIGEN

Schema unui astfel de element, după cum s'a arătat în articolul anterior (1) este:

$$(+)\ O_2\,|\,\text{Electrolit}\,|\,C\ (-)$$

Reacțiile de funcționare posibile sunt:

$$C + O_2 = CO_2 + 94250 \text{ cal} \qquad (10)$$

$$2C + O_2 = 2CO + 52288 \text{ cal} \qquad (11)$$

reacția (11) poate fi urmată de reacția:

$$2\ CO + O_2 = 2CO_2 + 136200 \text{ cal.} \qquad (12)$$

Reacțiile (10 și 11) nu sunt însă posibile sub forma directă, deoarece carbonul nu se ionizează în niciun electrolit. Astfel că reacția la anod

$$C - 4\bar{e} \longrightarrow C^{++++} \qquad (13)$$

nu este posibilă.

Pentru a învinge acest obstacol s'a propus următoarea soluție: carbonul joacă rolul de reductor într'un element de concentrație cu oxigen, în care diferența de concentrație este obținută prin presiunile parțiale diferite, la care se găsește oxigenul la cei doi electrozi. Sistemul electrochimic ia următoarea formă:

$$(+)\ O_2\,(P_1)\ /\text{electrolit}/\ O_2\,(P_2)\ C\ (-)$$

în care $P_1 > P_2$, P_1 și P_2 fiind presiuni parțiale ale oxigenului.

Când cei doi electrozi sunt uniți printr'un circuit exterior, presiunile parțiale ale oxigenului la cei 2 electrozi tind a se egaliza. Procesele la electrozi decurg astfel: la electrodul cu presiune mai mare, oxigenul trimite ioni negativi în soluție, care migrează spre electrod cu presiune mai mică și unde se descarcă, lăsând sarcini negative pe electrod și trecând în formă de oxigen atomic și molecular. Sarcinile negative în surplus colectate pe acest electrod-suport, trec prin circuit exterior spre electrodul cu presiunea mai mare, închizându-se astfel circuitul electric.

Forța electromotoare a acestui element este dată de relația

$$E = \frac{0{,}058}{4} \log \frac{P_1}{P_2} \qquad (14)$$

In elementul de combustie la polul pozitiv oxigenul din aer intră sub presiunea parțială P_1, iar presiunea parțială P_2 va rezulta din presiunea parțială de echilibru stabilită de reacția de combustie a gazului combustibil la polul negativ.

Această presiune va fi cu atât mai mică cu cât reacția de combustie va decurge mai repede și mai complet și, ca atare, forța electromotoare a elementului de combustie va fi cu atât mai mare. Conform schemei de mai sus se vede că reacția de combustie electrochimică a carbonului poate avea loc în condițiile propuse. Se va stabili însă care din reacțiile (10), (11) sau (12) de mai sus poate fi realizată în condiții mai bune, din punct de vedere al surselor electrochimice de energie electrică.

Reacția: $C + O_2 = CO_2 + 94250$ cal se produce la 25 °C și 1 at, adică practic în condițiile ambiante normale. Această reacție produce o forță electromotoare de 1,02 V cu un randament energetic de 99,75%, ceea ce corespunde cu o energie de 9,10 kW/h pentru 1 kg de cărbune. Reacția este însă foarte înceată la aceste temperaturi, astfel că, cu toate că elementul realizat dă o forță electromotoare apropiată de cea teoretică, el este incapabil a furniza energie electrică în cantitate mai însemnată, din cauza polarizării intense a electrozilor. Problema constă în a găsi un catalizator corespunzător care să activeze reacția la temperaturi normale.

Deoarece această problemă n'a putut fi încă rezolvată, s'a studiat folosirea reacțiilor $2C + O_2 = 2\,CO + 52\,300$ cal și $2\,CO + O_2 = 2\,CO_2 + 136\,200$ cal. Prima reacție, conform tabelei 1 din articolul [1] anterior, dă o forță electromotoare maximă de circa 2 V la 2727 °C, funcționând cu un randa-

ment energetic de 305,2% (ceea ce corespunde cu 8,5 kW h pentru un kg cărbune), indicând totodată că elementul se răcește în timpul funcționării. A 2-a reacție, la 25 °C, produce o forță electromotoare de 1,34 V, cu un randament energetic de 90,5% (circa 6 kW h/kg cărbune).

Se vede deci că elementul în care se realizează reacția $2C + O_2 = 2CO$ trebue să funcționeze la temperaturi înalte. Această condiție elemină dela început întrebuințarea soluțiilor apoase de săruri, acizi sau baze, ca electroliți. Electrolitul care va trebui ales, este fie o sare sau o bază topită, fie un electrolit solid.

a) Elementele de combustie carbon-oxigen cu electrolit în stare topită. Elementele construite folosind reacția (11) au ca electrolit NaOH sau KOH topit. Se aleg în genere temperaturi de funcționare de 1000 — 2000 °C, ceea ce corespunde unei f. e.m. de 1—1,5 V. Polul pozitiv (electrodul suport) al elementului îl constitue fierul și oxizi de fier. Electrodul negativ este cărbune, iar electrolitul îl formează NaOH topit. In fig. 6 sunt arătate părțile componente ale elementului, precum și o baterie de elemente montată în formă de sobă, antrenând un motor electric. Un element având un electrod de cărbune lung de 500 mm și cu un diametru de 80 mm poate debita până la 150 A, sub o tensiune de 1 V. Elementul se polarizează ușor și electrolitul se consumă trecând sub forma de $NaCO_3$. Acest proces secundar scumpește mult costul energiei produse și-l face nerentabil.

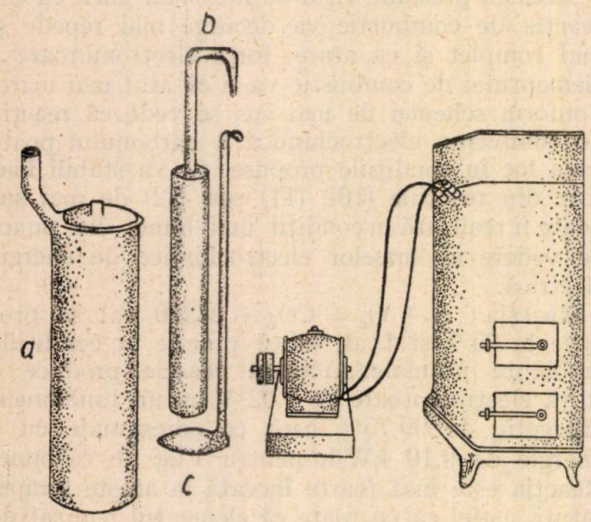


Fig. 6. *a*—vasul de fier al elementului; *b*—electrodul cu cărbune; *c*—dispozitiv de suflarea aerului.

O altă încercare interesantă unde s'a propus să se realizeze 2 elemente combinate, astfel ca după ce în primul element se produce reacția (11) de combustie până la CO, în al doilea se va utiliza acesta din urmă (la temperatura de 800—1000 °C) pentru reacția de ardere (12) până la CO_2.

La început a fost realizat primul element în care s'a folosit ca electrod-suport pentru electrodul de oxigen-cupru topit, acoperit cu oxid de cupru. Electrodul de cărbune (combustibilul) a fost învelit cu o diafragmă. Electrolitul întrebuințat a fost NaCl topit.

Forța electromotoare obținută la temperatura de funcționare de 1300 °C este de circa 1,3 V.

Intr'o altă construcție, oxizii de cupru au fost înlocuiți cu oxizii de fier, oxizii de mangan sau alți oxizi ușor reductibili.

Construcția elementului al doilea reprezintă un sistem de 2 electrozi gazoși, din care unul este electrod de CO, iar al doilea electrod de oxigen.

Combustibilul întrebuințat a fost gaz de generator, gaz de iluminat sau gazul de apă. Elementul este compus dintr'un vas de fier conținând electrolit (NaOH) în stare topită, în care sunt cufundate 2 clopote de fier. In fiecare clopot sunt așezate concentric electrozii tubulari de fier. Combustibilul gazos și oxigenul sunt suflați prin electrozi-suport tubulari, iar evacuarea se face prin clopote. Forța electromotoare obținută este de 1,1—1,2 V. Tensiunea de funcționare la o densitate de curent de 1000 A/m² este de 0,8 V.

In elementele de combustie întrebuințând gaze de combustie, trebue realizate următoarele condiții:

— Gazul de combustie și oxigenul trebue să fie activați la temperaturi date de electrozii-suport, acțiunea urmând să fie reversibilă și continuă;

— Compoziția electrolitului nu trebue să se schimbe ca rezultat al reacțiilor cu gazul combustibil, nici cu produsele reacției de combustie. El nu trebue să fie modificat nici de acțiunea factorilor fizici, ca de exemplu evaporarea și altele. Materialul electrozilor și al părților mecanice ale elementului nu trebue să fie supuse coroziunii sub acțiunea gazului combustibil, a produselor de combustie, precum și a electrolitului la temperatura de funcționare a elementului;

— Impermeabilitatea absolută față de pierderea gazelor a diferitelor părți ale elementului să fie în așa fel, încât gazul de combustie și oxigenul să nu vină în contact direct.

Procesul de generare al energiei electrice în elementele cu oxid de carbon constă în introducerea gazului combustibil în spațiul anodic, unde el intră în contact cu electrolitul compus din carbonați de sodiu, potasiu și bariu, din cloruri de sodiu, potasiu și bariu și fluoruri de sodiu și potasiu, având o temperatură de topire relativ joasă (de circa 600 °C). In cadrul reacției între gazul combustibil și electrolit, gazul eliberează sarcinile electrice, care sunt colectate și conduse de electrodul suport spre circuitul exterior de utilizare. Simultan cu aceasta, la catod, oxigenul reacționând și el cu electrolit, se produce un schimb de sarcini electrice conduse și ele de electrodul-suport, în legătură cu circuitul exterior și care închide circuitul anod-catod-anod. Procesul electrochimic constă în oxidarea oxidului de carbon (sau hidrogenului) din gaz combustibil

la anod şi reducerea oxigenului prin ionii pozitivi la catod.

Gazul combustibil poate să fie atât hidrogen cât şi oxid de carbon. In primul caz, forţa electromotoare a elementelor este de 1,14 V, iar în al doilea, de 1,04 V.

b) Elemente oxid de carbon cu electrolit solid. Paralel cu cercetările asupra elementelor cu electrolit topit se duc studii şi asupra construcţiei elementului cu electrolit solid, în care se elimină dificultăţile existente la electroliţi în stare topită.

Electroliţi solizi cu mare conductibilitate ionică sunt însă rari. Majoritatea corpurilor solide, bune conducătoare de electricitate, sunt fie conductori electronici, fie semi-conductori, adică cu conductibilitate electronică şi ionică. Aceşti conductori nu pot fi întrebuinţaţi, deoarece pe de o parte, pentru generarea forţei electromotoare este nevoie de transportul ionilor în electrolit, iar pe de altă parte, conductibilitatea electronică produce scurtcircuitarea electrozilor. Se pune problema găsirii unui electrolit solid, având numai conductibilitate ionică.

In laboratoare s'a preparat un electrolit solid, compus din argilă, oxizi de ceriu şi wolfram.

Acest electrolit sub forma unei plăci de circa 0,2 cm × 20 cm² are o rezistenţă de 2 Ω la 1600 °C.

In alegerea compoziţiei electrolitului trebue avut în vedere nu numai conductibilitatea ionică, ci şi proprietăţile ceramice şi stabilitatea chimică faţă de gazele în reacţie şi faţă de materialele electrozilor-suport ale acestor gaze.

Electrolitul de mai sus a fost încercat în timpul funcţionării elementului, observându-se că la temperaturi de 1000 °C nu se produc fenomene de polarizare volumică.

In fig. 7 este reprezentată schema unei baterii de elemente cu combustibil gazos şi electrolit

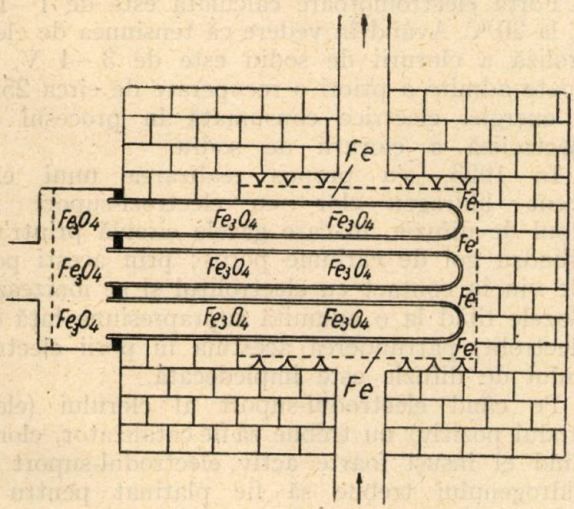


Fig. 7.

solid. In tuburi ceramice care servesc ca electrolit, se introduce materialul suport al electrodului de oxigen, care este Fe_3O_4. Printr'un tub distribuitor, oxigenul este trimis în tuburile ceramice. In jurul acestor tuburi, sunt formate printr'o construcţie de cărămidă, canale umplute cu pilituri de fier, prin care circulă gazul combustibil.

Bateria experimentală are o putere specifică de 1 kW/m³ de volum total, putând atinge 3 kW/m³, în comparaţie cu centrala termică, având o putere specifică realizată până azi, de 1 kW/m³; randamentul energetic fiind însă de 2—3 ori mai mic, bateria de combustie va reprezenta un progres foarte mare.

In cadrul Institutului Energetic al Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S., O. K. Davtian [2], după cercetări vaste asupra electrozilor-suport şi a compoziţiei electrozilor solizi, a construit un element de combustie, oxid de carbon oxigen. Elementul este compus (fig. 8) din 2 electrozi gazoşi, având electrozi-suport circulari de aceeaşi construcţie, însă diferiţi în ceea ce priveşte compoziţia materialelor. Intre electrozi se montează electrolitul sub forma de placă cu supra-

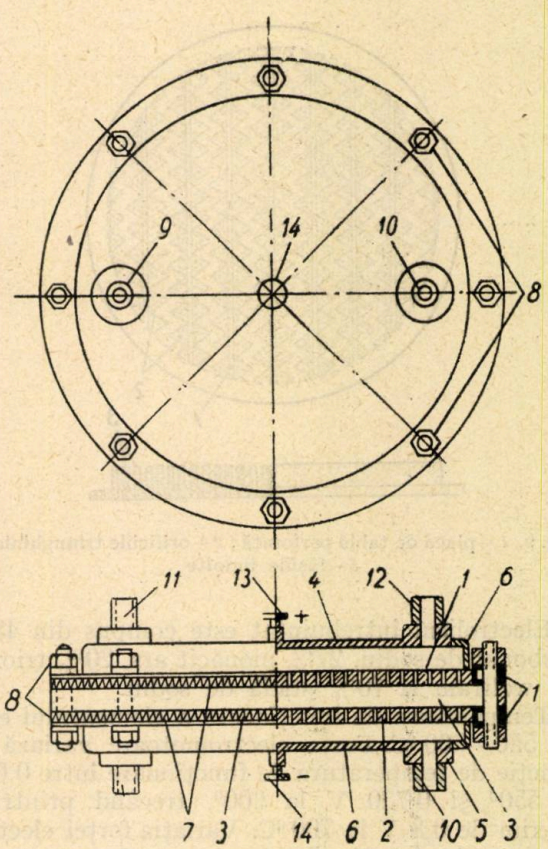


Fig. 8. *1*—electrod oxigen; *2*—electrod de oxid de carbon; *3*—placa electrolit/ *4,4'*—carcasa; *5*—canalul de circulaţie a oxidului de carbon; *6*—canalul de circulaţie a oxigenului; *7*—inel de asbest; *8*—buloane din oţel inoxidabil; *9, 10*—orificiile de admisie; *11, 12*—orificiile de evacuare; *13, 14*—bornele elementului.

faţa netedă. Intre electrozi şi carcasa exterioară sunt prevăzute canale pentru circulaţia aerului, respectiv a gazului combustibil. Sistemul este ermetic închis pentru a nu permite pierderea sau amestecarea gazelor.

Combustibilul întrebuinţat în cursul experienţelor a fost gazul de gazogen, care pătrunde în

canalul de circulaţie la temperatura înaltă, intrând în contact cu materialul suport şi ieşind apoi prin orificiul de evacuare. Aerul care circulă prin canalele catodului este în prealabil încălzit dela circuitul gazului de gazogen. După ce oxigenul este adsorbit la suprafaţa materialului suport, aerul iese prin orificiul de evacuare.

Materialul suport pentru electrodul cu oxid de carbon este presat din 60% pulbere fină de oxid de fier, 20% pilitură de fier şi 20% argilă refractară. Materialul suport al electrodului de oxigen este format din 60% oxid de fier, 20% oxid magnetic de fier şi 20% argilă refractară.

In fig. 9 este arătată schematic construcţia unui electrod-suport. Plăci rotunde din tablă de fier de 1 mm sunt prevăzute cu orificii de formă triunghiulară. Orificiile sunt în aşa fel dispuse, ca atunci când laturile tăiate sunt îndoite perpendicular pe suprafaţa plăcii, în acel moment se formează un fel de buzunare, în care se presează materialul suport.

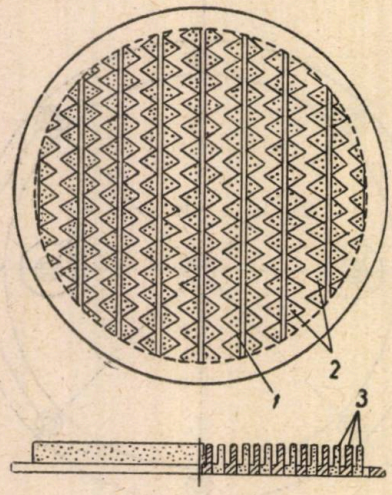


Fig. 9. *1* — placa de tablă perforată; *2* — orificiile triunghiulare; *3* — fâşiile îndoite.

Electrolitul întrebuinţat este compus din 43% carbonat de sodiu, 27% monacit ars, 20% trioxid de wolfram şi 10% sticlă de sodiu.

Temperatura de funcţionare a elementului este de 550—900 °C. Forţa electromotoare variază în funcţie de temperatura de funcţionare între 0,6 V la 550° şi 0,730 V la 900°, trecând printr'un maxim de 0,8 V la 700 °C. Variaţia forţei electromotoare în funcţie de densitatea de curent (la 700 °C) este mică, fiind de 0,8 V la 18 mA/cm² şi de 0,75 V la 32 mA/cm². Elementul nu prezintă fenomene de polarizare şi poate suporta intensităţi mari de curent.

O. K. Davtian arată că o baterie de 100 V funcţionând la 700 °C, cu o densitate de curent de 30 mA/cm², are o putere de 5 kW/m³ de volum.

Desavantajul principal al elementelor cu electrolit solid constă în apariţia fisurilor şi crăpăturilor mai mari la plăcile de electrolit, ceea ce degradează parţial sau complet elementul. Indepărtarea acestui neajuns se poate face prin funcţionarea continuă a elementului, în aşa fel, ca să nu se producă răciri şi încălziri frecvente ale electrolitului.

3. ELEMENTE GALVANICE PENTRU RECUPERAREA ENERGIEI

Un alt element, care nu poate să fie categorisit ca un element de combustie propriu-zis, dar care poate servi la producerea energiei electrice pe o scară mai mare decât elementele galvanice întrebuinţate azi, este elementul hidrogen-clor.

Acest element poate servi mai ales ca un mijloc de recuperare a unei părţi de energie electrică consumată în procesul de producere electrolitică a sodei şi potasei caustice. Se ştie că reacţia care are loc în timpul electrozei este :

$$2NaCl + 2H_2O = Cl_2 + 2NaOH + H_2 \quad (15)$$

Reacţia necesită circa 1500 kWh pentru 1 t de NaOH.

Clorul se degajă la anod, hidrogenul la catod, iar soda caustică este obţinută în soluţie. Clorul şi hidrogenul se obţin în cantităţi echivalente. Hidrogenul este deobicei evacuat în aer, iar clorul este întrebuinţat fie ca atare, fie sub forma de compus secundar.

Deseori, faţă de cantitatea de NaOH necesară, cantitatea de clor produs întrece nevoile curente, ceea ce pune problema întrebuinţării clorului în alt mod. Una din soluţiile care rezolvă această problemă în mod economic, este utilizarea hidrogenului şi clorului ca materiale active într'un element galvanic, obţinându-se pe de o parte un produs important — acidul clorhidric — şi recuperându-se pe de altă parte cantităţi însemnate din energia consumată în timpul electrolizei. Reacţia de funcţionare a unui astfel de element este :

$$H_2 + Cl_2 \rightleftarrows 2HCl + 44\,000 \text{ cal} \quad (16$$

Forţa electromotoare calculată este de 1—1,1 V la 20 °C. Având în vedere că tensiunea de electroliză a clorurii de sodiu este de 3—4 V, se poate admite a priori o recuperare de circa 25% a energiei electrice consumată în procesul de electroliză a clorurii de sodiu.

In 1923, s'a propus realizarea unui element hidrogen - clor cu electrozi-suport de tipul de difuzie, în care gazele circulă printr'un cilindru gol de cărbune poros; prin aceşti pori ele vin în contact cu electrolitul şi se ionizează. Gazele fiind la o anumită suprapresiune faţă de electrolit, pătrunderea acestuia în porii electrodului de difuzie este împiedecată.

Pe când electrodul-suport al clorului (electrodul pozitiv) nu trebue să fie catalizator, clorul fiind el însuşi foarte activ, electrodul-suport al hidrogenului trebue să fie platinat pentru a uşura ionizarea, operaţiune care scumpeşte mult costul elementului.

O. K. Davtian [2] a propus înlocuirea cărbunelui platinat cu un electrod din ferosiliciu. El a propus deasemenea o construcţie originală a elementelor, prin folosirea electrozilor rotativi. Electrozii au forma de discuri fixate pe un ax

comun, izolate între ele, alternându-se un disc pozitiv cu un altul negativ. Partea de jos a electrozilor este cufundată în electrolit, partea de sus se află în camere clopot umplute cu gazul respectiv; electrozii negativi sunt în camere cu hidrogen, iar cei pozitivi în camere cu clor. Gazele adsorbite la suprafaţa electrozilor, prin rotaţia acestora sunt antrenate în electrolit, producându-se reacţia necesară (fig. 10).

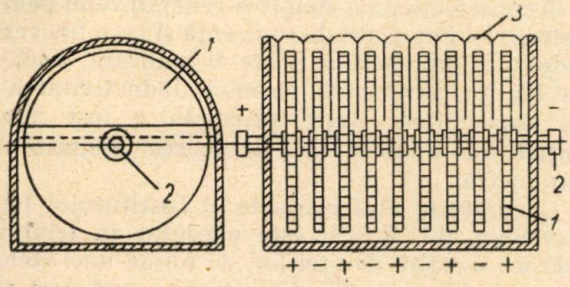


Fig. 10.

Din cele expuse mai sus reiese că problema construirii elementelor de combustie este pe cale de a fi rezolvată, aportul cercetătorilor sovietici fiind foarte important. Realizarea acestor elemente va permite o întrebuinţare mai raţională a combustibililor, va putea uşura extragerea cărbunilor prin folosirea procedeului de gazificare a minelor, producându-se oxidul de carbon sub forma şi la temperatura de utilizare directă în elementele de combustie; se introduce deasemenea o idee nouă în fabricarea generatorilor de energie electrică, constând în posibilitatea de a se fabrica în mare serie elementele de combustie în fabrici amenajate în acest scop. Montarea bateriilor de tensiuni şi capacităţi necesare se poate face prin asamblarea elementelor tip în pile galvanice.

Bibliografie

(1) *Fihman L.*,: Problema producerii pe scară mare a energiei electrice pe cale electro-chimică. „Electricitatea", 1—2 (1952).

(2) *Davtian K. O.*, Problema transformării directe a energiei chimice a combustibililor în energie electrică. Ed. Academiei de Ştiinţe U.R.S.S. Moscova, 1947.

(3) *Socevanov G. V.* Elementele galvanice. Gosenergoizdat (1951).

★

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ СГОРАНИЯ

Р е з ю м е

После того, как в первой статье были изложены теоретические основы электрохимического сгорания горючих в гальванических элементах сгорания, в этой второй статье указываются применяемые электрохимические системы и их конструкция. Также описывается хлороводородный элемент для восстановления электроэнергии в процессе электролитного производства каустической соды и поташа. Приводятся советские достижения в области элементов сгорания и хлороводородного элемента.

★

GENERATOR PARAMETRIC FĂRĂ CONTACTE PENTRU SISTEME DE TELEMĂSURĂ IMPULS-FRECVENȚĂ*)

I. I. GREBEN și G. N. NECIAIEV

Pentru sistemul de telemăsurători cu impulsuri de frecvență este nevoie de un convertizor, cu ajutorul căruia o mărime electrică sau neelectrică, care urmează a fi măsurată la distanță, poate fi transformată în impulsuri de curent. Frecvența impulsurilor trimisă în canalul de legătură, trebue să varieze proporțional cu mărimea primară măsurată.

Construcția convertizorilor care au căpătat o utilizare practică poate fi divizată în două grupe :

1. Convertizori cu contacte, care pentru formarea impulsurilor folosesc contacte electromecanice, perii de fricțiune, etc.

2. Convertizori fără contacte, cu un mecanism rotativ, care modifică periodic regimul de lucru al unor aparate electronice sau fotoelectrice.

Ambele grupe menționate au particularitățile lor, astfel : contactele electromecanice sunt supuse uzurii, necesitând o întreținere continuă, iar periile de fricțiune măresc frânarea la care este supus generatorul de impulsuri în rotația lui. Din neajunsurile sistemelor fotoelectronice, puse deobicei în opoziție cu particularitățile de mai sus ale convertizorilor cu contacte, se citează : viața limitată a lămpilor electronice, necesitatea instalațiilor auxiliare pentru alimentarea circuitelor de încălzire, complexitatea relativă a instalațiilor care sunt compuse din multe elemente, etc.

In Institutul de Electrotehnică al U.R.S.S., s'au studiat generatori-convertizori, pentru sistemele de telemăsură cu impulsuri de frecvență, care se deosebesc esențial de alte instalații cunoscute. Au fost cercetate două principii noi de creare a impulsurilor :

1. Folosirea unui generator parametric fără contacte, care funcționează fără celule fotoelectrice și amplificatori electronici.

2. Folosirea pulsațiilor în circuite electrice lipsite de contacte de ruptură și piese mobile.

In cele ce urmează se va descrie un convertizor executat conform normelor de mai sus.

Principial, se poate folosi în instalații parametrice fără contacte, variația capacității sau a inductivității. Totuși utilizarea practică a capacității variabile în sistemele examinate întâmpină dificultăți. După cum se știe, una din condițiile impuse emițătorului de acest gen este păstrarea proprietăților de „supapă". Cu alte cuvinte, acțiunea inversă a convertizorului asupra instrumentului de măsură primar trebue să fie foarte mică. Astfel, poate fi vorba despre o capacitate foarte mică, corespunzătoare momentului neînsemnat care este necesar pentru rotirea plăcilor condensatorului. Pentru a obține în același timp o putere suficientă a impulsurilor, urmează a folosi în circuitul cu capacitate, o frecvență mărită a curentului alternativ, care complică instalația.

O construcție mai simplă a generatorului pentru sisteme cu impulsuri de frecvență și cu o frecvență redusă a impulsurilor poate fi realizată, dacă se va lua ca parametru variabil, inductivitatea și nu capacitatea. Acest principiu a fost admis inițial ca premiză la elaborarea emițătorului parametric.

Generatorul fără contacte al Institutului Electrotehnic al U.R.S.S. este executat în felul următor : o rotiță de oțel (*a*), de forma unei steluțe cu șase vârfuri, ea fiind fixată pe o axă care este cuplată rigid cu axa unui conductor de energie

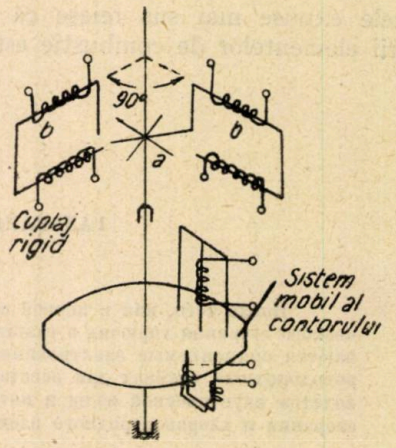


Fig. 1. — Schema generală a generatorului parametric de impulsuri : *1*—cuplaj rigid ; *2*—sistemul mobil al controlului.

electrică monofazat sau trifazat (fig. 1). In timpul rotației sistemului mobil al contorului, vârfurile steluței trec succesiv prin intervalele de aer ale celor doi conductori magnetici fixi (*b*), așezați în planul de rotație al steluței. Unghiul între axele conductorilor magnetici este astfel calculat, ca atunci când unul din vârfurile steluței trece prin întrefierul primului conductor, întrefierul celui de al doilea conductor magnetic să fie liber (fig. 2). Vârfurile cele mai apropiate de cel de al doilea conductor magnetic se vor afla în acest moment la distanță egală de întrefier. Pe fiecare conductor magnetic fiind două bobine, cele patru bobine din ambele circuite magnetice formează un montaj în punte, după cum rezultă din fig. 3. Puntea se alimentează dela rețeaua de curent alternativ printr'un triplor static de frecvență.

Reactanța inductivă a brațelor opuse ale punții variază, oridecâteori, în timpul rotației steluței, aripioarele ei trec prin spațiile dintre conductorii magnetici. Echilibrul punții se strică, iar la ieșirea montajului apare un impuls de curent. Frecvența impulsurilor este proporțională cu viteza

*) Din Electriceskii Stanții, 11 (1951).

de rotaţie a contorului, adică mărimea primară care trebue măsurată. In cazul steluţei cu 6 aripioare, rezultă 12 impulsuri la o rotaţie a contorului. Trebue amintit că viteza nominală a contorului este de circa o rotaţie pe secundă.

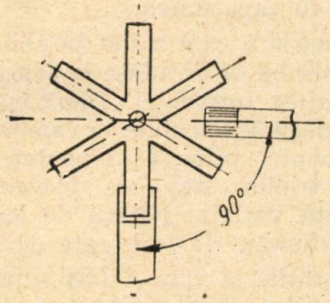


Fig. 2. — Rotiţă de oţel în formă de steluţă cu 6 vârfuri.

Pentru a mări amplitudinea impulsurilor, s'a legat la bornele de ieşire ale punţii un condensator. Printr'o alegere corespunzătoare a capacităţii, s'a obţinut rezonanţa cu inductanţa punţii la stricarea echilibrului acesteia, iar puterea impulsului a fost mărită de 4—5 ori. Impulsurile se redresează prin supapa electrică din semiconductori, transmiţându-se în canalul de legătură. După cum au arătat încercările modelului executat la

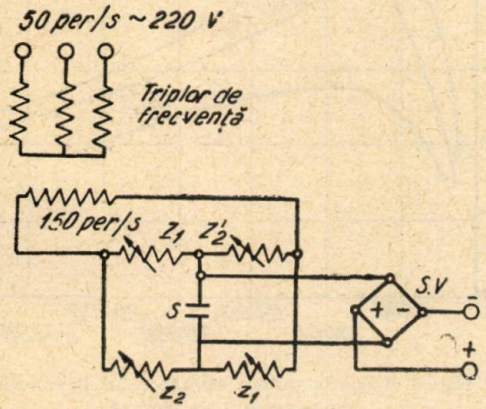


Fig. 3. — Schema conexiunilor electrice a unui generator parametric de impulsuri.
1 — 50 per/s 220 V; *2* — triplor de frecvenţă; *3* — 150 per/s.

Institut, puterea de ieşire a emiţătorului este de 15—20 mW, în cazul unei rezistenţe de sarcină de 12—15 mii ohmi. Amperspirele fiecărui electromagnet au fost astfel alese, ca acţiunea de frânare a dispozitivului producător de impulsuri asupra contorului să fie redusă la o valoare neînsemnată. La valoarea nominală a sarcinii contorului, frânarea este atât de mică, încât ea nu poate fi constatată cu dispozitive tehnice obişnuite, deoarece la o sarcină de 20% din cea nominală, scăderea vitezei conductorului nu trece de 1%. Trebue observat ca frânarea contorului privită separat de complexul instalaţiilor de telemăsură, nu este caracterizată prin erori de măsură. Etalonarea dispozitivului de recepţie se face în raport cu construcţia combinată a contorului şi a emiţătorului de impulsuri.

Incercările au arătat că variaţiile de ± 15% ale tensiunii aplicate bobinelor convertizorului nu influenţează funcţionarea emiţătorului parametric, iar gradarea dispozitivului receptor nu se modifică. In caz de creştere a temperaturii mediului ambiant dela 22 la 40 °C, variaţia vitezei de rotaţie a contorului nu depăşeşte 0,5%, ea cuprinzându-se în limitele indicate de GOST pentru contorii electrici.

La elaborarea emiţătorului fără contacte, s'a pus condiţia ca recepţionarea impulsurilor să fie făcută prin dispozitivele folosite în prezent la sistemele de impulsuri de frecvenţă. După cum se ştie, o întrebuinţare largă au căpătat-o frecvenţmetrele cu condensatori, bazate pe măsurarea curentului mediu de încărcare a condensatorului, pus în circuit la fiecare impuls de curent. Curentul înregistrat de dispozitivul indicator al receptorului este proporţional cu frecvenţa impulsurilor transmise din canalul de legătură la releu.

Pentru viitor se are în vedere înlocuirea releului de recepţie printr'un dispozitiv fără contacte, însă la elaborarea emiţătorului de impulsuri, s'a plecat dela condiţia de acţionare a unui releu electromagnetic.

Forma impulsurilor de curent şi frecvenţa lor trebue să satisfacă următoarele condiţii:

1. Amplitudinea impulsului trebue să fie suficient de mare pentru a asigura acţionarea releului de recepţie (cu considerarea unui coeficient de siguranţă).

2. Frecvenţa impulsurilor trebue să fie astfel aleasă, încât la sosirea fiecărui impuls, curentul în circuitul de recepţie — compus din canalul de legătură şi înfăşurarea releului — să aibă timp să crească până la valoarea curentului de acţionare (ţinând cont de un coeficient de siguranţă).

3. Valoarea minimă a curentului în canalul de legătură trebue să fie, în intervalul dintre impulsuri, mai mic decât curentul de revenire al releului.

Incercările au arătat că emiţătorul descris satisface condiţiile de mai sus. In limitele dela 2,5 la 13 impulsuri pe secundă, s'a obţinut o dependenţă lineară între frecvenţa impulsurilor şi indicaţiile instrumentului indicator cu cadru mobil.

După cum s'a menţionat mai sus, circuitul dătător de impulsuri este montat în punte. Braţele punţi sunt formate din înfăşurările a două bobine de şoc, cu interstiţiu liber (întrefier), a cărui mărime variază periodic prin rotaţia steluţei de oţel. Relaţia între inductivitate şi întrefier este exprimată prin cunoscuta formulă:

$$L = \frac{\pi W^2 10^{-9}}{\delta}$$

în care δ este lăţimea întrefierului în mm, iar W — numărul spirelor bobinei de şoc.

Mărimea minimă a întrefierului, în momentul trecerii prin el a vârfului steluţei, este dictată de considerente constructive. La modelele executate, ea era de 0,2—0,25 mm pentru o singură parte. Spaţii mai mici au creat dificultăţi la reglarea sistemului.

Mărimea maximă a întrefierului a fost stabilită la 4—5 mm pentru circuitul magnetic de con-

structia celui reprezentat în fig. 4. La valori mai mari, inductivitatea bobinei avea variații neînsemnate.

Este necesar să se tindă ca raportul între inductivitatea în cazul circuitului magnetic deschis și inductivitatea în cazul întrefierului ocupat de vârful de oțel al steluței, să fie pe cât posibil mai

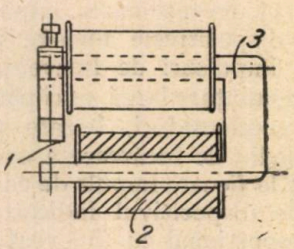


Fig. 4. — Circuitul magnetic al unui generator de impulsuri: *1* — întrefier; *2* — înfășurare; *3* — conductor magnetic din tole de transformator.

mare. In acest scop, trebue să se reducă influența fluxurilor de dispersie, fiind necesar ca raportul $\frac{x}{r}$ (x fiind reactanța inductivă a înfășurării bobinei, iar r rezistența ei chimică) să fie cât mai mare.

Prin respectarea acestor condiții, se pot obține pulsațiile necesare de curent, determinate de diferența între curentul impulsului și curentul pauzei. După încercarea câtorva modele de bobine de șoc și efectuarea calculelor comparative, s'a adoptat forma bobinei de inductanță arătată în fig. 4. Infășurarea este astfel dispusă pe circuitul magnetic, încât capătul bobinei să fie situat mai aproape de întrefier. In acest caz, se micșorează fluxurile de dispersiune, care se închid în afara întrefierului.

O atenție serioasă a fost acordată măririi puterii instalațiilor de creare a impulsurilor. Cercetări analitice au arătat că puterea maximă la ieșire va rezulta atunci când, sarcina montajului în punte este constituită dintr'o capacitate a cărei reactanță este:

$$z_e = j\frac{x_1\,(x_1 + \Delta x)}{2x_1 + \Delta x}$$

unde x_1 este egal reactanța bobinei de șoc pentru cazul întrefierului maxim; Δx — variația reactanței bobinei.

In momentul defectării echilibrului punții, capacitatea intră în rezonanță cu inductanța echivalentă a punții, iar tensiunea la ieșire crește de câteva ori. S'a găsit deasemenea valoarea optimă a rezistenței ohmice, care poate fi pusă în paralel cu capacitatea.

O altă măsură care a dat posibilitatea ca puterea impulsului să fie adusă la valoarea necesară, a fost mărirea frecvenței. După cum s'a arătat mai sus, înfășurările bobinelor care formează montajul în punte, primesc alimentarea dela rețea printr'un triplor static de frecvență. In fig. 5 este arătată variația puterii de ieșire a emițătorului în funcție de rezistența de sarcină.

In cercetările la care a fost supus emițătorul parametric fără contacte, ele au arătat că emițătorul satisface condițiile impuse sistemelor de telemăsură cu impulsuri de frecvență. El are o precizie foarte mare. Frecvența impulsurilor variază în limite largi.

Puterea impulsurilor este suficientă pentru acționarea unui releu polarizat și pentru acoperirea

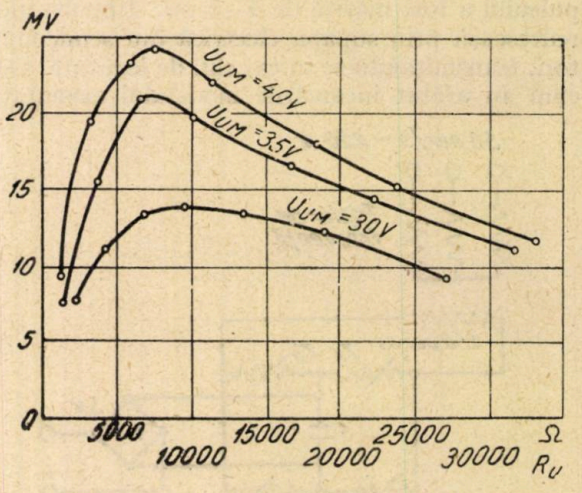


Fig. 5. Variația puterii emițătorului în funcție de rezistență de sarcină

pierderilor în canalul de legătură. Acțiunea inversă a emițătorului asupra controlului care-l aduce în rotație, este neînsemnată. Costul instalației este redus. Emițătorul-convertizor elaborat nu are contacte de fricțiune și este mult mai simplu decât emițătorii fotoelectrici.

CUM SE EXPLICĂ ROTIREA UNEI MORIŞTI ELECTRICE CONECTATĂ LA UNUL DIN POLII MAŞINEI DE ELECTRIZARE

Prof. Dr. PLAUŢIUS ANDRONESCU

Rotirea moriştei electrice m din fig. 1 conectată la unul din polii maşinii de electrizare, nu se datoreşte scurgerii electricităţii prin vârfurile metalice ale moriştei, aşa cum se menţionează în literatură.

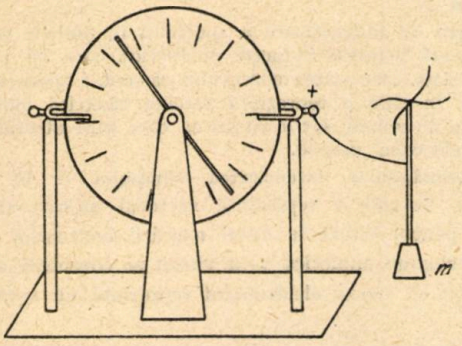


Fig. 1. — Morişca electrică conectată la polul pozitiv al maşinei de electrizare.

In câmpul electric neomogen dintre cei doi electrozi, unul format dintr'un vârf metalic iar celălalt dintr'o placă metalică, intensitatea câmpului electric $\mathcal{E}$ în apropierea vârfului e foarte mare.

Considerăm mai întâi cazul când vârful metalic e conectat la polul pozitiv al maşinii de electrizare (fig. 2). Ionii pozitivi *) iniţiali, care se găsesc în aer sub acţiunea forţei mari $Q\mathcal{E}$, îşi însuşesc o energie cinetică mare şi în mişcarea lor în direcţia şi sensul lui $\mathcal{E}$ bombardează moleculele de aer.

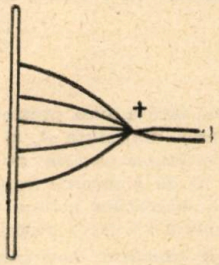


Fig. 2. — Câmpul electric neomogen.

Se produce o ionizare a aerului, deci ioni pozitivi de aer şi electroni. Electronii sub acţiunea forţei $q\mathcal{E}$ se vor deplasa în sensul opus lui $\mathcal{E}$, bombardând vârful metalic.

Q, q reprezintă sarcinile electrice ale pozitronului şi electronului, egale în valorile lor absolute.

Avem :

$$Q = |q| = 1{,}59 \cdot 10^{19}\ Cb.$$

In timpul bombardării moleculelor de aer cu ionii pozitivi, se mai întâmplă ca unii electroni de pe traectoria exterioară a atomului bombardat, să treacă pe o traectorie inferioară, eliberându-se în felul acesta cuante de energii electromagnetice cu astfel de lungimi de undă, încât de ochi recepţionate, să se producă sensaţia de lumină.

Mai apar şi molecule antrenate în mişcare în aceeaşi direcţie de către ionii pozitivi, dând naştere la un vânt electric.

In consecinţă se văd uşor cu ochii liberi, la întunerec, efluvii luminoase care pornesc dela vârful metalic în sensul liniilor de forţă până la suprafaţa plăcii metalice.

*) Ionul pozitiv de aer e format în general dintr'o moleculă de aer din care lipseşte un electron.

Pe de altă parte, o lumânare aprinsă aşezată în câmpul electric, din cauza vântului format de mişcarea moleculelor de aer se poate stinge.

Când vârful metalic e conectat la polul negativ al maşinii de electrizare, electronii iniţiali din aer, sub acţiunea forţei $q\mathcal{E}$ se deplasează dela vârf către placa metalică, în sensul opus lui $\mathcal{E}$ pentrucă q este negativ.

Electronii fiind mult mai uşori ca ionii pozitivi, vor bombarda moleculele de aer numai în apropierea vârfului, ceea ce se evidenţiază prin apariţia unui punct luminos în jurul vârfului.

Producţia de ioni pozitivi e cu mult mai redusă faţă de primul caz şi fiind foarte apropiaţi de vârf, ei vor bombarda vârful metalic, înarmaţi cu o energie cinetică deoasemeni redusă.

Efluviile luminoase care apar, atunci când vârful metalic e conectat la polul pozitiv al maşinii de electrizare, formează o metodă practică de a se stabili care din polii maşinii e pozitiv.

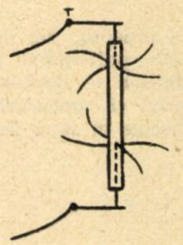


Fig. 3. — Sistemul de două morişti electrice.

Fig. 3 reprezintă un sistem cu două morişti electrice, cu vârfurile dirijate în sensuri opuse, fixate pe aceeaşi axă de rotaţie şi izolate între ele. Una din morişti e conectată la polul pozitiv, iar cealaltă la polul negativ al maşinii de electrizare.

Din cele desvoltate mai sus, rezultă că vârfurile conectate la polul pozitiv vor fi bombardate de către electroni mult mai puternic decât vârfurile moriştii conectate la polul negativ, bombardate de ionii pozitivi.

In consecinţă, sistemul format din cele două morişti din fig. 3 se învârteşte în sensul acelor dela ceasornic.

Prin schimbarea polarităţii la cele două morişti, sistemul va roti în sensul opus acelor dela ceasornic ; încă un mijloc de a stabili polul pozitiv al maşinii de electrizare.

Dacă ipoteza scurgerii de electricitate prin vârfurile metalice ar fi fost justă, ar fi trebuit ca morişca să rotească şi în vid. Se constată că aşezând sistemul celor două morişti sub un clopot de sticlă, în care s'a făcut vid, morişca nu mai roteşte, dat fiind că nu mai există ioni sau dacă există, aceştia sunt într'un număr redus, încât nu mai pot pune morişca în mişcare.

In tubul de sticlă cu doi electrozi, în care presiunea aerului e 0,2 mm coloană de mercur, apare în apropierea catodului o mare intensitate de câmp electric. Ionii pozitivi de aer, sub acţiunea forţelor mari, isbind puternic suprafaţa catodului, se poate întâmpla ca o parte din electronii dela suprafaţa metalului să se înarmeze cu o energie cinetică suficientă pentru a se elibera de sub influenţa florţelor de coeziune ale moleculei şi să apară în exterioru catodului.

Ca urmare, conectând morişca la polul negativ al maşinei de electrizare, e posibil ca la *un anumit vid* să apară o scurgere de electroni din vârfurile metalice.

Forţa rezultantă însă, care va pune morişca în mişcare, se compune din cele două acţiuni de bombardare a vârfului metalic cu ionii pozitivi şi a forţei de coeziune care se exercită asupra electronilor ce ies din vârf.

In niciun caz nu ne putem aştepta la o emanaţie de pozitroni prin vârfuri atunci când morişca ar fi conectată la polul pozitiv al maşinii de electrizare.

In cazuri speciale, când anumite metale sunt bombardate cu razele γ sau în procese radioactive se pot obţine emanaţiuni de pozitroni. De altfel, se mai aude încă azi vorbindu-se de o scurgere la pământ a sarcinei electrice pozitive, atunci când un corp metalic electrizat prin influenţă e pus în contact cu pământul printr'un fir metalic (fig. 4).

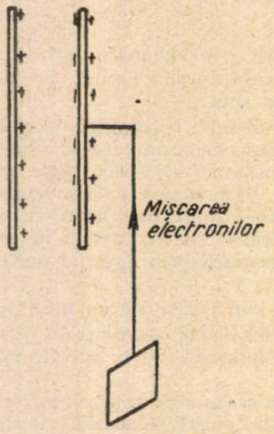


Fig. 4. — Electrizare prin influenţă.

Placa metalică din dreapta, din fig. 4, având un potenţial mai ridicat decât potenţialul pământului, electronii dela suprafaţa pământului se deplasează în sensul în care potenţialul creşte, astfel că moleculele de metal electrizate pozitiv, revin la molecule în stare neutră.

Când în spaţiul ocupat de un fir metalic există un câmp electric, electronii liberi se vor pune în mişcare în sensul opus câmpului.

Incă mulţi se întreabă: dece curentul electric are un sens opus faţă de sensul de mişcare al electronilor?

Curentul electric nu e definit ca o sarcină electrică de sine stătătoare, ci reprezintă acea sarcină electrică care străbate o suprafaţă, spre exemplu, secţiunea conductei în unitatea de timp.

Se constată uşor că sarcina electrică care străbate unitatea de secţiune în unitatea de timp, denumită densitatea curentului electric, în baza legii continuităţii este un vector, *care are acelaş sens cu intensitatea câmpului electric*, indiferent dacă are loc o mişcare de ioni pozitivi în acelaşi sens cu $\mathcal{E}$ sau o mişcare de ioni negativi sau electroni în sens opus cu $\mathcal{E}$.

Starea de magnetizare a spaţiului în ambele cazuri se evidenţiază printr'o inducţie magnetică care îşi păstrează acelaşi sens. Densitatea curentului electric j apare în forma $j = \rho v$, în care ρ reprezintă sarcina electrică mobilă din unitatea de volum, iar v viteza cu care sunt afectate particulele electrice mobile.

Exprimându-se intensitatea câmpului $\mathcal{E}$ în forma: $\mathcal{E} = E\bar{e}$, în care $\bar{e}$ reprezintă vectorul unitar, atunci se obţine pentru viteză în cazul mişcării electronilor $v = v\text{-}\bar{e}$, adică valoarea numerică v- a vitezii se consideră negativă, dat fiind că viteza electronului reprezintă un vector opus lui $\mathcal{E}$.

Pe de altă parte, sarcina electrică a electronilor fiind o mărime negativă, rezultă că şi densitatea volumetrică ρ apare negativă.

In consecinţă, produsul ρv posedă o valoare numerică pozitivă, deci dirijat în acelaşi sens cu $\mathcal{E}$.

FENOMENE TERMO-ELECTRICE IN GAZE

Ing. ST. GROSSU

1. Să considerăm un volum V (fig. 1). Două din suprafeţele care mărginesc acest volum sunt A şi B. In acest volum se găseşte un gaz în agitaţie termică. Presupunem că prin atingere cu suprafaţa A o particulă se poate încărca cu electricitate, iar prin atingere cu suprafaţa B, particula se poate descărca. Presupunem că fenomenele inverse nu se pot produce.

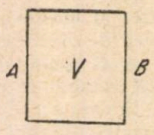


Fig. 1

a) In acest caz, dacă între suprafeţele A şi B (fig. 2) se introduce o diferenţă de potenţial, pot exista două situaţii: dacă sensul câmpului este astfel încât particula să fie accelerată prin trecerea dela A la B, o parte din energia sursei electrice trece asupra particulelor gazului, care îşi măreşte astfel energia internă; în situaţia contrară, o parte din energia de mişcare a particulelor trece în circuitul electric, iar gazul îşi micşorează energia internă.

b) Dacă fenomenul se produce fără existenţa unei surse electrice exterioare, iar suprafeţele A şi B se unesc printr'o rezistenţă (fig. 3), V va fi sediul de producere a unor forţe electromotrice, iar energia internă a gazului va scădea. Prin rezistenţa R va circula un curent.

c) Să presupunem că una dintre cele două suprafeţe, B spre exemplu, îşi păstrează proprietatea precizată mai sus (adică aceea de a descărca prin atingere particulele încărcate cu electricitate, fără a avea proprietatea inversă de a le încărca prin atingere). Suprafaţa A, să presupunem de data aceasta că are proprietatea ca prin atingere cu o particulă fie să o descarce, fie să o încarce (raportul dintre numărul încărcărilor şi al descărcărilor nefiind definit). Este clar că fenomenul dela punctul 1 *b* se va produce şi de data aceasta.

Pe suprafaţa A numărul încărcărilor va fi mai mare decât al descărcărilor, deoarece o parte din descărcări va fi efectuată de suprafaţa B, iar numărul total al descărcărilor pe ambele suprafeţe, va trebui să fie egal cu al încărcărilor pe suprafaţa A. Cantitativ, fenomenul va fi mai redus decât în cazul 1 *b*.

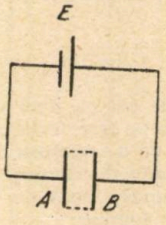


Fig. 2

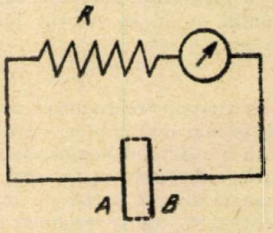


Fig. 3

a) Un fenomen cunoscut experimental şi care are asemănări cu cel dela 1 *b* în sensul că energia cinetică a unor particule, având masă şi sarcină electrică, se transformă în energia electrică, este întâlnit atât în lămpile termoionice, cât şi în celulele fotoelectrice. In ambele cazuri, diferenţa

de potențial dela bornele rezistențe R apare fără existența unei surse electrice exterioare. In fig. 4 *a* este reprezentat montajul în cazul unei lămpi termoionice.

In fig. 4 *b* se vede cum variază același curent în cazul unui potențial de frânare. Potențialul de anulare a curentului arată valoarea maximă ce s'ar putea obține la bornele R.

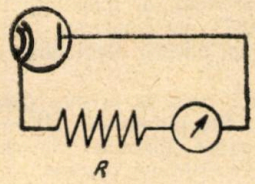


Fig. 4 *a*

Putem considera că electronii în momentul ce au părăsit suprafața emisivă, indiferent de fenomenul care a produs eliberarea și le-a imprimat viteza inițială, au energie înmagazinată sub formă de energie cinetică. Această energie cine-

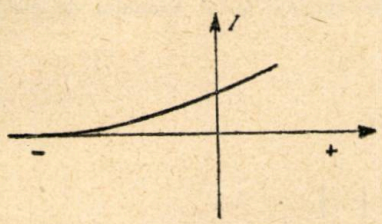


Fig. 4 *b*

tică se transformă (atunci când între suprafața de emisie și cea de absorbție s'a stabilit, după o perioadă tranzitorie, o diferență de potențial de regim) în energie potențială, pe măsură ce particulele se apropie de B. In cazul particulelor care ajung la B, energia cinetică care a rămas, în funcție de viteza în momentul ciocnirii, se transformă în căldură. La aceasta se mai adaugă și cea datorită condensării electronice. Energia potențială acumulată în timpul parcursului va fi transmisă în cea mai mare măsură circuitului exterior. Diferența dintre fenomenul termoionic sau fotoelectric și cel dela punctul 1 *b* este următoarea: în primul caz, electronii sunt dirijați chiar dela început în direcția suprafața de emisie → suprafața de absorpție, prin natura fenomenului și forma geometrică a dispozitivelor experimentale. In cazul 1 *b*, deplasarea dirijată a sarcinilor electrice dela placa A la B are o semnificație statistică și este datorită numai faptului că cele două suprafețe A și B au proprietăți diferite, așa cum s'a arătat mai sus. Energia cinetică, care se transformă în energie potențială, este primită însă din aceea a mișcării termice a particulelor.

2. O problemă care se pune în primul rând în legătură cu cele expuse la punctul 1 este următoarea: pot exista experimental două suprafețe cu proprietățile teoretice A și B?

In cazul că pot exista, care este situația fenomenului dela 1 *b* față de principiul II al termodinamicei și cum poate fi interpretat eventual acest principiu.

Să vedem acum care sunt câteva aspecte principiale în ipoteza existenței unor astfel de suprafețe: este posibil ca la o grupă anumită de suprafețe A, B, cu unele particule de o anumită natură, să se poată produce fenomenul 1 *b*, iar cu altele nu. Cu alte cuvinte, presupunem că în volumul V există două tipuri de particule de tipul $P1$ și $P2$ (corespunzând în principiu la două gaze diferite) din care numai cel de tip $P1$ poate folosi proprietățile $A-B$. Este clar că din cauza echilibrului termic ce există între cele două gaze, va scădea nu numai energia internă a gazului $P1$, conform celor arătate la 1 *b*, ci și aceea a gazului $P2$ (aceasta prin intermediul gazului $P1$).

Dacă particulele $P1$ sunt chiar electroni, fenomenele A și B capătă un aspect nou prin faptul că ciocnirea de B este însoțită nu numai de pierderea sarcinii, ci și de însăși eșirea particulei din spațiul V, iar ciocnirea de A poate fi înlocuită în cazul de față de emisia electronului prin această suprafață, deci de intrarea electronului în V.

Producerea fenomenului 1 *b* pe seama energiei gazului $P2$ este în cazul de față condiționată de existența unei energii medii mai mare la particulele $P2$ față de $P1$. Vom înțelege în acest caz prin energie medie a particulelor $P1$ aceea pe care o au inițial prin fenomenul de emisie și înainte de schimburi termice cu $P2$.

Se presupune pentru simplificare că vitezele particulelor sunt mai mici decât cele care produc ionizări.

DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.

In munca ce au desfășurat-o filialele și cercurile ASIT în acest sector sprijinul primit din partea Consiliului Central a fost redus din cauza faptului că Secția de Energetică din cadrul Consiliului a avut o slabă activitate.

Cu toate acestea o seamă din unitățile ASIT au căutat să traducă în viață hotărîrile Congresului ASIT, reușind să obțină bune rezultate în munca lor.

Cercul ASIT—IRES a înțeles că, aplicând în producție cele mai noi metode științifice, abandonând sistemele vechi de lucru și urmând exemplul tehnicienilor sovietici, va putea aduce un sprijin concret la îndeplinirea și depășirea planului de producție.

In scopul realizării celor de mai sus cercul a contribuit și a sprijinit introducerea metodelor sovietice..

Prin mărirea capacității uzinelor existente și prin crearea de noi uzine s'a resimțit în întreprindere necesitatea formării de noi cadre tehnice. Aplicând metoda Kotlear s'a reușit a se califica până în prezent un număr de 59 tovarăși. Sunt în curs de calificare un număr de încă 39 tovarăși.

In sprijinul Planului de Electrificare rurală care prevede construirea de microcentrale hidroelectrice cercul ASIT a sprijinit lucrările de confecționare a turbinei Sokolov.

Prin aceasta s'a făcut posibilă electrificarea comunelor Cetatea de Baltă și Sâmbăta de Sus.

In întreprinderi se mai aplică metodele Voroșin, Kuznețov și Jandarova și este în curs de introducere metoda Covaliov.

Pentru popularizarea metodelor sovietice s'au organizat în cursul trimestrului I al anului 1952, 6 conferințe în care s'a arătat modul în care trebue introduse și aplicate aceste metode, ținându-se seama de specificul locului de muncă. Conferințele au avut o participare numeroasă de fruntași în producție, tehnicieni și ingineri.

* * *

Cercul ASIT Electro-Putere s'a preocupat de rezolvarea unor probleme legale de mărirea productivității muncii în secția de aparataj, de pornire în reglaj și de îmbunătățirea constructivă și tehnologică a fabricației întrerupătorilor automați.

Pentru rezolvarea acestor probleme, din inițiativa cercului ASIT sprijinit de Comitetul de Partid, s'au format două brigăzi complexe de activitate creatoare după metoda stahanovistului frezor Savici.

Aceste brigăzi compuse din ingineri, tehnicieni și muncitori inovatori din toate specialitățile (constructor, teh-

nologi, constructori de utilaje, etc.), după o lună de activitate au prezentat conducerii un număr de circa 50 de propuneri referitoare la modificări constructive, tehnologice şi organizatorice, precum şi la construirea unor utilaje noi şi a unor tipuri perfecţionate de aparate.

Cea mai mare parte din aceste propuneri au fost puse în practică obţinându-se însemnate economii şi o simţitoare mărire a productivităţii.

In scopul asigurării funcţionării permanente a instalaţiilor electrice interioare de lumină şi forţă, pentru a se evita incendiile şi accidentele de electrocutare, precum şi pentru a se menţine un iluminat corespunzător la locurile de muncă, este necesară o cât mai bună întreţinere a acestor instalaţii.

Această întreţinere trebue făcută numai de un personal calificat şi cunoscător al prescripţiunilor tehnice în vigoare şi se impune ca întreprinderile importante să aibă câte un electrician instalator autorizat, conştient de importanţa răspunderii ce-i revine, care să comunice întreprinderii de electricitate orice mărire a instalaţiilor.

Pentru ridicarea calificării electricienilor instalatori Consiliul Sindical Regional Timişoara, în colaborare cu resortul de Electricitate al Filialei ASIT şi sub îndrumarea Partidului a organizat un curs seral pentru perfecţionarea electricienilor, cu o durată de circa 6 luni între 11 Martie şi 25 August 1952, la Facultatea Electrotehnică.

Cursul este predat în mod voluntar de cei mai buni confereţiari şi asistenţi ai Facultăţii Electrotehnice în cadrul cercului ASIT, cu concursul inginerilor şi tehnicienilor dela întreprinderile Regionale de Electricitate Timişoara.

In cadrul acestui curs, se predau cunoştinţe de Electricitate generală, Electrotehnică, Măsuri electrice, Maşini electrice, Iluminat, Instalaţii electrice interioare de lumină şi forţă, prescripţiuni tehnice.

Lecţiile au un caracter practic şi sunt exemplificate cu probleme şi demonstraţii de laborator pentru a fi însuşite cât mai bine de toţi curianţii.

In acest fel, filiala Timişoara aduce o contribuţie concretă la ridicarea nivelului profesional al electricienilor din întreprinderile oraşului Timişoara, care vor putea îndeplini cu mai mult succes sarcinile ce le revin în cadrul Planului cincinal şi al Planului de electrificare a ţării.

RECENZII

LEBEDEV M. V.: *Reţele electrice urbane.* Moscova. Editura Minist. Gospodăriei Comunale. R.S.F.S.R. 1951.

Cartea cuprinde următoarele capitole: Noţiuni generale; materiale folosite în reţele electrice; construcţia şi instalaţia reţelelor electrice; exploatarea reţelelor electrice; tehnica securităţii; primul ajutor în caz de electrocutare.

Lucrarea este destinată electromonteurilor şi poate servi pentru pregătirea examenului de reţele electrice urbane.

KULESOV V. N., SOKOLOV V. V.: *Pupinizarea cablurilor reţelelor urbane şi suburbane.* Moscova, 1950.

Se dau date pentru proiectarea reţelelor telefonice urbane foarte utile inginerilor şi tehnicienilor care se ocupă cu proiectarea, construirea şi exploatarea circuitelor telefonice urbane şi suburbane. Cuprinde următoarele capitole: Schemele reţelelor telefonice urbane şi suburbane; normele de atenuare; teoria pupinizării circuitelor telefonice; construcţia cazetelor de pupinizare şi instalarea lor; montarea cablurilor urbane şi suburbane pupinizate; exploatarea cablurilor urbane şi suburbane pupinizate; proiectarea cablurilor urbane şi suburbane pupinizate

RIABOV M. S.: *Partea electrică a instalaţiilor de iluminat.* Moscova, 1951.

Un preţios manual de proiectare a instalaţiilor electrice şi care poate fi de mare folos inginerilor şi tehnicienilor.

Dă noţiunile de bază asupra instalaţiilor de iluminat şi asupra calculelor şi alegerii conductelor.

Are următoarele capitole: Distribuţia energiei electrice; calculul reţelei; protecţia împotriva accidentelor provocate de curentul electric la instalaţiile de iluminat; calculele şi indicii tehnico-economici; executarea reţelei de iluminat; documentarea necesară proiectului; principiile generale de organizare a lucrărilor de instalare; exploatarea instalaţiilor de iluminat.

ANOSOV Iu. I.: *Oscilaţiile conductorilor liniilor aeriene după îndepărtarea sarcinilor exterioare.* Electricestvo, 4 (1951).

Autorul descrie experienţele făcute pe o porţiune de linie, compusă din trei deschideri lungi respectiv de 328, 342 şi 283 m, având conductor de aliaj (oţel+aluminiu). Experienţele au avut ca scop determinarea oscilaţiilor, care iau naştere la o bruscă îndepărtare a poleiului şi zăpezii de pe conductorii neizolaţi ai liniilor aeriene. Oscilaţiile, atât cele verticale cât şi cele orizontale, au fost fotografiate. Asupra formei şi amplitudinei oscilaţiilor are influenţă nu numai modul de suspendare a cablurilor, dar şi modul de îndepărtare a sarcinilor exterioare.

Oscilaţiile care se produc în planul orizontal nu pot fi supuse unui calcul preliminar.

Autorul este de părere că pericolul oscilaţiilor nu este aşa de mare prin faptul că nu se întâmplă ca toată sarcina să cadă deodată şi deci nu putem avea o amplitudine prea mare.

ENICO V. V.: *Diagrama vectorială generalizată a maşinii sincronice cu polii ascunşi şi întrebuinţarea ei.* Electricestvo 4 (1951), 48—55.

In articolul de faţă, autorul ne înfăţişează o formă a diagramei vectoriale generalizate a forţei electromotoare şi a forţei de magnetizare a maşinei sincronice cu polii ascunşi.

Rezistenţa activă nu se consideră.

In studiile maşinilor sincronice cu polii ascunşi se aplică două diagrame: una din ele nu ţine seamă de influenţa saturaţiei şi este bună numai pentru maşinile nesaturate, iar cealaltă care ţine seama de saturaţie, este bună, atât pentru maşinile saturate cât şi pentru cele nesaturate.

Deosebirea între maşina saturată şi cea nesaturată, constă în forţa de magnetizare suplimentară, care condiţionează saturaţia.

Pentru construirea diagramei, se cere caracteristica mersului în gol şi parametrele X_d şi X_s. In cuprinsul articolului este dată caracteristica mersului în gol a maşinei sincronice nesaturate şi diagrama vectorială a forţei electromotoare şi a forţei de magnetizare a generatorului de regim.

Autorul, prin calcule şi grafice, ne arată cum se aplică diagrama vectorială pentru calculul grafic şi analitic al caracteristicilor de lucru (caracteristică de lucru, de regim, exterioară, unghiulară, etc.).

Diagramele simplifică construcţia grafică şi dependenţele analitice a căror deducţie devine simplă şi demonstrativă.

Autorul descrie în mod amănunţit domeniile în care sunt posibile aplicaţiile diagramei.

Deasemenea se mai dau exemple de calcul pentru determinarea: *a*) curentului de excitaţie la sarcină nominală; *b*) a tensiunii la un curent nominal cos de sarcină şi excitaţia dată; *c*) a puterilor active şi reactive P_a şi P_r în cazul funcţionării asupra barei de putere infinită.

GALITORSKII Cr. V.: *Practica impregnării cu lacuri izolante a sârmei de bobinaj în timpul bobinării.* Promâşlennaia Energhetica, 1 (1951), 11—12.

Impregnarea şi acoperirea ulterioară cu lacuri bune izolatoare a bobinelor, ridică calitatea izolamentului maşinilor electrice, însă din cauza lipsei de utilaj adecvat a atelierelor

mici de reparaţii electrice, impregnarea şi acoperirea cu lacuri nu se face în condiţii satisfăcătoare.

Autorul recomandă impregnarea sârmei pe maşină.

Procesul tehnologic al tratării cu lacuri a bobinelor maşinilor de joasă tensiune se execută astfel: se impregnează sârma în timpul bobinării în lac de izolaţie diluat, impregnarea o singură dată în baie (sau cu pensulă) a bobinelor într'o soluţie mai concentrată de lac şi acoperirea (după condiţii) odată sau de câteva ori cu lac.

Autorul dă curbe pentru 3 electromotoare asincrone de 3,7 kW supuse acţiunii aburului.

Primul electromotor: — sârma de bobinaj nu s'a impregnat pe maşină, însă s'a impregnat bobina de 2 ori cu pensula, — s'a umezit în 3 ore.

Al doilea electromotor — sârma nu s'a impregnat pe maşina de bobinat, bobina s'a impregnat de 2 ori în baie — s'a umezit în 5 ore.

Al 3-lea electromotor — sârma nu s'a impregnat pe maşină, iar bobina s'a impregnat o singură dată în baie — s'a umezit în 7 ore.

Autorul arată într'o schemă cum trebue realizată această impregnare, la o maşină de bobinat orizontală, iar într'un tabel sunt trecute datele din care rezultă că prin impregnarea sârmei se ridică la 1,4—2 ori rezistenţa la scoaterea izolamentului de pe sârmă.

Ca rezultat al introducerii metodei de impregnare în timpul fabricaţiei, s'a schimbat tehnologia prelucrării cu lacuri izolante a bobinelor electromotoarelor de joasă tensiune, oferind următoarele avantagii:

1. Accesibilitatea pentru ateliere electrice mici de reparaţii.
2. Se simplifică mijloacele de impregnare (în loc de 2 băi cu diverse concentraţii, se întrebuinţează una singură cu o soluţie mai concentrată).
3. Se scurtează termenul reparaţiei.
4. Se obţine o calitate satisfăcătoare a bobinei în contra acţiunii umidităţii, bobina devenind rezistentă la acţiuni electrice şi mecanice.

CERNÂŞEV M. A.: *„Convertizorii electronici şi ionici" de I. L. Kaganov.* Electricestvo, 4 (1951), 95—96.

In ultimii ani s'a simţit nevoia unei cărţi în care să se trateze o ramură foarte importantă a tehnicii: electrotehnica industrială.

Cartea lui Kaganov I. L. a fost de mare folos tehnicii şi cititorilor şi este împărţită în 8 capitole fiecare bine desvoltat.

O atenţie deosebită este rezervată amplificatorilor electronici care sunt trataţi în capitolul cinci al cărţii. Este bine desvoltat şi tratat într'un capitol separat studiul generatorilor electronici.

In fiecare capitol autorul explică procesele fizice ale aparatelor, analizează proprietăţile lor de lucru, descrie execuţia constructivă, ne dă caracteristicile şi parametrele aparatelor şi calculul lor. Unele din calcule sunt ilustrate prin exemple concrete.

Marele merit al acestei cărţi este că în ea se reflectează foarte bine desvoltarea tehnicii eletronice în anii din urmă.

In carte sunt arătate succesele tehnicei ca şi rolul conducător al ştiinţei sovietice.

O atenţie deosebită este dată elaborării unei terminologii exacte.

La fel, materialul grafic este bine ales.

CAIALOV GH. M.: *Bazele analizei sarcinilor şi a calculului reţelelor electrice a întreprinderilor industriale.* Electricestvo, 4 (1951), 28—37.

Autorul ne prezintă metoda pentru determinarea şi studiul sarcinilor reţelelor electrice, bazată pe teoria probabilităţilor şi a statisticei matematice. Determinarea sarcinilor calculate a reţelelor electrice este o problemă primordială în cazul furnizării energiei electrice industriale de orice valoare şi orice caracter.

Autorul insistă asupra următoarelor calcule: *a*) pierderi de energie în reţele şi *b*) conductori şi cabluri din reţelele uzinelor după capacitate de transport, în condiţiile de încălzire.

In cuprinsul articolului sunt date mai multe grafice din care citâm: *a*) graficul sarcinii unui grup de electromotoare cu curent continuu al maşinilor de şarjat la cuptorul Siemens-Martin; *b*) diagrame periodice maxime trapezoidale şi triunghiulare, pentru grafice staţionare cu diagrama lineară sistematizată.

Autorul ne descrie cerinţele ce stau la baza calculului de încălzire a cablurilor şi a conductorilor, purtând sarcini variabile ca şi în calculul liniei de cablu, în funcţie de temperatura de încălzire maximă şi uzură termică la încărcarea constantă.

Pentru ultimul calcul, cu ajutorul formulelor date, autorul ne demonstrează în ce măsură temperatura de încălzire şi încărcare influenţează alegerea secţiunilor cablurilor.

In încheiere autorul ne dă mai multe deducţii privitoare la: *a*) teoria graficelor de încărcare; *b*) valoarea admisibilă a temperaturii maxime, de scurtă durată; *c*) uzura normală de izolaţie termică şi *d*) alegerea secţiunilor conductorilor şi cablurilor.

VENIKOV V. A., ZUKOV L. A.: *Influenţa momentelor şi a bobinajelor de amortizare asupra stabilităţii dinamice a transmisiilor electrice.* Electricestvo, 4 (1951), 7—15.

In articolul se studiază problema influenţei bobinajelor de amortizare a maşinilor sincrone şi a momentelor de amortizare, produse de bobinajul de excitaţie asupra stabilităţii dinamice a transmisiilor electrice.

Se dau formule de calcul pentru calcularea momentului de amortizare, care este datorit acţiunii bobinajului longitudinal de amortizare, a bobinajului transversal de amortizare şi a bobinajului de excitaţie.

Autorul ne dă două feluri de formule care determină momentul de amortizare: 1) formule obţinute în ipoteza că viteza de rotaţie a rotorului este constantă; 2) formule obţinute în cazul că viteza relativă a rotorului variază aşa de încet, încât putem neglija procesele tranzitorii din înfăşurările rotorului, care depind de viteza rotorului. Prin calcule s'a stabilit că în regimul de avarie, mărimea momentului de amortizare este destul de mică şi nu poate influenţa asupra curgerii proceselor tranzitorii. Pe baza ecuaţiilor, autorul a stabilit că mărimea momentului de amortizare a hidrogeneratorilor este mai mică decât a turbogeneratorilor.

Pe bază de calcule şi experienţe făcute, s'a stabilit că în regimurile caracteristice pentru calcularea stabilităţii dinamice, influenţa bobinajelor de amortizare este cu mult mai mică decât a bobinajului de excitaţie, al cărui efect este destul de vizibil şi poate fi determinat în regimuri apropiate de limita de stabilitate — mai ales la transmiterea energiei electrice la distanţe mari.

In cuprinsul articolului, autorul ne dă ecuaţii operative, care permit calculul curenţilor în înfăşurările rotorului, la o tensiune constantă la bornele excitatricei şi la variaţia curentului în stator.

Autorul ajunge la concluzia că înfăşurările de amortizare a generatorilor nu sunt strict necesare din punct de vedere al stabilităţii, deoarece acţiunea lor pozitivă nu este mare, în comparaţie cu acţiunea înfăşurărilor (bobinajelor) de excitaţie. Totuşi, ţinând seama că bobinajele de amortizare au o influenţă pozitivă în alte regimuri de lucru a generatorului şi înlătură supratensiunile dinamice, întrebuinţarea lor la hidrogeneratori este de dorit.

ANASOV Iu. I.: *Incercarea suporţilor metalici ai liniilor de transport de energie sub înaltă tensiune.* Electricestvo, 4 (1951), 87—88.

Pentru verificarea ipotezelor de calcul şi determinarea coeficienţilor de siguranţă, este necesar a se studia suporţii construiţi. In articolul de faţă se descrie o instalaţie luată pentru studiu, precum şi modul în care s'au făcut încercările.

Rezultatele au confirmat aproape în întregime coincidenţa calculului cu experienţa.

Pe baza studiilor şi încercărilor făcute, autorul ajunge la concluzia că, la facerea calculelor trebue să se ia pentru stâlpi şi contrafişe, cazul capetelor încastrate; asemenea, pentru elementele consolei şi pentru toate barele care au capete legate cu placă de întărire, prin două sau mai multe buloane semi încastrate.

Pentru măsurarea forţelor de întindere şi a deformaţiilor, există mai multe metode.

MINEV D. K.: *Desvoltarea tracţiunii electrice în U.R.S.S.* Electricestvo, 4 (1951), 67—73.

Autorul s'a ocupat îndeaproape cu mersul desvoltării tracţiunii electrice în U.R.S.S. şi ne dă realizările mai importante în mod cronologic, începând cu anul 1937 şi până la 1950. Savantul electrotehnic, prof. Iacobi B. S. este primul care a pus bazele teoriei pentru aplicarea forţei electrice în

tracțiune, atât pe apă cât și pe uscat. Autorul descrie mai multe experiențe făcute în diferiți ani. Autorul enumeră succesele realizate în desvoltarea tramvaielor și a căilor ferate prin întrebuințarea energiei electrice.

Deasemenea sunt arătate mai multe sisteme de tracțiune electrică.

Autorul arată lucrările făcute de diferiți electro-tehnicieni ruși, precum și realizările obținute de fiecare.

In articol cititorii vor găsi descrierea sumară a mai multor teorii și sisteme de utilizare a energiei electrice în materiede tracțiu ne electrică. Deasemenea sunt descrise construcțiile diferitelor tipuri de vagoane de tramvai și de cale ferată, întrebuințate la tracțiunea electrică.

DOLJENCO GH. F.: *Aplicarea sudurei electrice în lucrările de armare.* Electricestvo, 4 (1951), 82.

Autorul arată marile avantaje rezultate din aplicarea sudurii electrice în lucrările de armare. Astăzi se întrebuințează două metode: sudarea prin arc voltaic și sudarea punctată prin contact. Prima metodă se întrebuințează pentru asamblarea carcaselor plane, iar cea de a doua, pentru sudarea locurilor de intersecție a barelor rotunde.

Autorul descrie marile avantaje pe care le prezintă sudarea locurilor de intersecție, mai ales reducerea consumului de metal cu 35—40%, datorite proprietăților mecanice superioare al aparatului. Sudura se face mult mai repede cu mașinile speciale de sudat comandate manual sau automat.

KNOPPING GH. M.: *Calculul iluminatului dela liniile luminiscente.* Electricestvo, 4 (1951), 57—62.

Problema calculului de iluminat cu lămpi luminiscente a fost detailat studiat de Menșev V. V. Autorul articolului ne descrie o metodă de calcul zisă universală, în sensul că nu există nici un fel de delimitare în privința lungimii liniilor de iluminat, nici existenței sau lipsei rupturilor și în fine, nici distribuției luminei în planul longitudinal.

In articolul de față, autorul analizează valoarea abaterilor dela legea distanțelor pătrate și cosinusurilor unghiurilor pentru sursele de curent lineare.

La fel ne dă rezultatele unei asemenea analize pentru liniile cu distribuția de lumină în planul longitudinal și pentru cazul special când punctele de control se găsesc pe proiecțiile liniilor lucitoare (fosforescente) sau pe prelungirea lor.

Autorul ne dă mai multe grafice care ilustrează distribuția luminei, atât în toate planurile, cât și în planul longitudinal.

La prima vedere, metoda descrisă de construcție a graficelor prin calcul, se pare migăloasă. De fapt nu este chiar așa; la o organizare ordonată a muncii, construcția graficelor nu durează mai mult de 4 ore. Lucrarea se execută odată pentru fiecare tip de felinar, și graficul obținut ne dă soluția simplă și comodă a problemei pentru determinarea iluminării, în cazul calculelor practice.

In rezumat, în articolul de față, autorul examinează cu atenție posibilitățile de a preciza o metodă exactă pentru a calcula iluminatul prin lămpi luminiscente.

CIUDACOV P. I.: *Calculul pentru construcția cablurilor, conductorilor și șnururilor.* Electricestvo, 4 (1951), 93—94.

Cartea recenzată este prima lucrare în domeniul metodei de calcul a dimensiunilor geometrice și a greutăților cablurilor și a elementelor lor separate.

Cartea prezintă interes pentru industria cablurilor deoarece calculul exact al materialelor consumate pentru cabluri este de o importanță mare în organizarea producției și în gospodărirea socialistă.

Totuși, autorul articolului găsește că Sengher A. F. nu a rezolvat complet problema calculului cablurilor și conductorilor, din care cauză cartea are multe și serioase neajunsuri. După părerea autorului, cartea nu a fost bine prelucrată nu corespunde desvoltării actualei tehnice în construcția cablurilor și deci nu corespunde scopului pentru care a fost scrisă.

SOCOLISKII M. N.: *Motoare electrice cu rotor în scurt circuit și trei straturi de înfășurări.* Electricestvo, 4 (1952), 88—89.

Tendința de a reduce cât mai mult curentul de demaraj în motoare în scurt-circuit, a dus la elaborarea unui motor asincron cu barele rotorului așezate pe generatoarele celor trei cilindre de dimensiuni diferite.

In aceste motoare, la demarare, curentul rotorului trece prin colivia exterioară, care are rezistența inductivă mică și cea activă ridicată. La creșterea vitezei de rotație, curentul rotorului trece în colivia interioară de rezistență mică.

In cuprinsul articolului, este dat un tabel de valori care caracterizează un motor asincron cu înfășurarea rotorului în trei straturi și curbele respective ale momentelor (fig. 1). Datele reprezentate arată că curentul de șoc este același ca și cel al motoarelor cu inel de contact. In fig. 2 și 3 este dată vederea unui rotor cu trei straturi de înfășurări pentru motoare cu patru poli dela 50 până la 500 kW.

APARUT

ALBUMUL

PROIECTE TIP DE LOCUINȚE INDIVIDUALE

EMC
EDITURA MINISTERULUI CONSTRUCȚIILOR
ȘI AL INDUSTRIEI MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

DE VÂNZARE LA TOATE LIBRĂRIILE DIN ȚARĂ

CĂRŢI APĂRUTE ÎN EDITURA TEHNICĂ

D. P. MOROZOV: PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE DISPOZITIVELOR ELECTRICE DE ACŢIONARE
Traducere din limba rusă
(372 pag. — 18,28 lei)

G. I. ATABEŢOV: PROTECŢIA PRIN RELEE A REŢELELOR DE INALTĂ TENSIUNE
Traducere din limba rusă
(400 pag. — 28,05 lei)

I. A. CUZNEŢOV: TEHNICA SECURITĂŢII IN INSTALAŢIILE ELECTRICE
Traducere din limba rusă
(340 pag. — 18,62 lei)

G. I. NAZAROV: ACŢIONAREA ELECTRICĂ IN AGRICULTURĂ
Traducere din limba rusă
(320 pag. — 16,83 lei)

N. SOTIRESCU şi V. CIOCIONICA: ELECTRICITATEA INDUSTRIALĂ (Vol. I)
(272 pag. — 9,57 lei)

A. E. ALEXEEV: CONSTRUCŢIA MAŞINILOR ELECTRICE
Traducere din limba rusă
(581 pag. — 46,75 lei)

M. E. E. I. E.: BATERII ŞI ELEMENTE GALVANICE
(232 pag. — 10,75 lei)

A. I. RIABCOV: REŢELE ELECTRICE
Traducere din limba rusă
(448 pag. — 23,68 lei)

L. N. BAPTIDANOV şi V. N. TARASOV: CĂLĂUZA PENTRU TEHNICEANUL DE SERVICIU LA TABLOUL DE COMANDĂ AL CENTRALELOR ELECTRICE
Traducere din limba rusă
(224 pag. — 11,82 lei)

Taxa poştală plătită în numerar conform aprobării Nr. 168.026/946.
C. 6.027 — Centrul Poligrafic Nr. 2. Subunitatea 2.

E1427

KAT

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELLENŐRIZVE
1953

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR

6

1441

PENTRU UZ INTERN

EDITURA TEHNICĂ
1952

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Iunie 1952 ★ Nr. 6 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 12 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

	Pag.
PROIECTUL DE CONSTITUŢIE AL R. P. R. . .	1
G. Petrescu, prof. dr. ing.: Imbunătăţirea factorului de putere prin maşini cu colector	10
A. Fransua, ing.: Predeterminarea caracteristicelor generatoarelor de curent continuu cu excitaţie separată printr'o încercare în gol şi una în scurt-circuit.	19
M. Marinescu, prof. dr. ing.: Microfonul condensator modulator şi aplicaţiile sale în domeniul reproducerii sunetului pe cale electrică şi a măsurilor electro-acustice.	21
L. Salgo, ing.: Motoare cu mai multe viteze . . .	25
I. S. Antoniu, conf. dr. ing.: Asupra calculul puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităţilor complexe.	34
R. Grigorovici, dr şi *A. Roth*, ing.: Evaporarea filamentelor de wolfram incălzite în curent alterntiv	35
DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.	
C. M. Mihailov-Mikulinski: Generatori electromagnetici de impulsuri periodice de frecvenţe industriale.	40
R. A. Voronov şi G. E. Pühov: Ecuaţiile generale ale cvadripolului.	43
NOTE — RECENZII	49
REVISTA REVISTELOR	51

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПРОЕКТ КОНСТИТУЦИИ Р.Н.Р.	1
Г. ПЕТРЕСКУ, проф. д-р. инж.: Улучшение фактора мощности посредством коллекторных машин .	10
А. ФРАНСУА, инж.: Предопределение характеристик электрических генераторов постоянного тока с независимым возбуждением посредством испытания на холостом ходу и на коротком замыкании	19
М. МАРИНЕСКУ, проф. д-р. инж.: Микрофон конденсатор модулятор и его применение в области репродукции звука электрическим путем и электроакустических измерений	21
Л. САЛГО, инж.: Двигатели с большим числом скоростей	25
И. С. АНТОНИУ, прив.-доц. д-р. инж.: О расчете мощности в переменном токе посредством комплексных количеств	34
Г. ГРИГОРОВИЧ, д-р. и Д. РОТ инж.: Испарение вольфрамовских нитей накала при нагревании переменным током	35
ИЗ ОПЫТА СССР	
С. М. МИХАЙЛОВ-МИКУЛИНСКИЙ: Электромагнитные генераторы с периодическими импульсами промышленных частот	40
Р. А. ВОРОНОВ и Г. Е. ПУХОВ: Общие уравнения четырехполюсника	43
ЗАМЕТКИ - РЕЦЕНЗИИ	49
ОБЗОР ЖУРНАЛОВ	51

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR

PROIECT DE CONSTITUŢIE A REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

ELLENŐRIZVE 1953

CAPITOL INTRODUCTIV

Republica Populară Română este un stat al oamenilor muncii dela oraşe şi sate.

Republica Populară Română a luat naştere ca urmare a victoriei istorice a Uniunii Sovietice asupra fascismului german şi a eliberării României de către glorioasa Armată Sovietică, eliberare care a dat putinţă poporului muncitor, în frunte cu clasa muncitoare condusă de Partidul Comunist, să doboare dictatura fascisto-antonesciană, să nimicească puterea claselor exploatatoare şi să făurească statul de democraţie populară, care corespunde pe deplin intereselor şi năzuinţelor maselor populare din România.

Astfel s'a putut încununa cu o victorie istorică lupta de secole dusă de poporul muncitor român pentru libertate şi independenţă naţională, luptele eroice ale clasei muncitoare aliată cu ţărănimea muncitoare, pentru doborîrea regimului capitalisto-moşieresc şi scuturarea jugului imperialist.

Făurirea şi întărirea statului de democraţie populară, prietenia şi alianţa cu marea Uniune Sovietică, sprijinul şi ajutorul ei dezinteresat şi frăţesc, asigură independenţa, suveranitatea de stat, desvoltarea şi înflorirea Republicii Populare Române.

Forţele armate ale Republicii Populare Române stau de strajă suveranităţii şi independenţei poporului român, securităţii sale şi păcii.

Politica externă a Republicii Populare Române este o politică de apărare a păcii, de prietenie şi alianţă cu Uniunea Republicilor Socialiste Sovietice şi cu ţările de democraţie populară, o politică de pace şi prietenie cu toate popoarele iubitoare de pace.

Minorităţile naţionale din Republica Populară Română se bucură de deplină egalitate în drepturi cu poporul român. In Republica Populară Română se asigură autonomia administrativ-teritorială populaţiei maghiare din raioanele secueşti, unde ea formează o masă compactă.

Prezenta Constituţie a Republicii Populare Române consacră rezultatele obţinute până acum de oamenii muncii, în frunte cu clasa muncitoare, în opera de construire a societăţii socialiste în ţara noastră.

Politica statului de democraţie populară este îndreptată spre lichidarea exploatării omului de către om şi construirea socialismului.

CAPITOLUL I

ORÂNDUIREA SOCIALĂ

Art. 1. — Republica Populară Română este un stat al oamenilor muncii dela oraşe şi sate.

Art. 2 — Baza puterii populare în Republica Populară Română este alianţa clasei muncitoare cu ţărănimea muncitoare, în care rolul conducător aparţine clasei muncitoare.

Art. 3. — Republica Populară Română s'a născut şi s'a întărit ca rezultat al eliberării ţării de către forţele armate ale Uniunii Republicilor Socialiste Sovietice, de sub jugul fascismului şi dominaţiei imperialiste, ca rezultat al doborîrii puterii moşierilor şi capitaliştilor de către masele populare dela oraşe şi sate în frunte cu clasa muncitoare, sub conducerea Partidului Comunist Român.

Art. 4. — In Republica Populară Română puterea aparţine oamenilor muncii dela oraşe şi sate, care o exercită prin Marea Adunare Naţională şi Sfaturile Populare.

Sfaturile Populare constitue baza politică a Republicii Populare Române.

Art. 5. — Economia naţională a Republicii Populare Române cuprinde trei formaţiuni social-economice: formaţiunea socialistă, mica producţie de mărfuri şi formaţiunea particular-capitalistă.

Art. 6. — Fundamentul formaţiunii social-economice socialiste este proprietatea socialistă asupra mijloacelor de producţie, care are fie forma proprietăţii de stat (bun al întregului popor), fie forma proprietăţii cooperatiste-colectiviste (proprietatea gospodăriilor agricole colective sau a organizaţiilor cooperatiste).

In formaţiunea socialistă a economiei naţionale este lichidată exploatarea omului de către om.

Formaţiunea socialistă, căreia îi aparţine rolul conducător în economia naţională a Republicii Populare Române, constitue baza desvoltării ţării pe calea socialismului. Statul de democraţie populară, proclamând ca principală sarcină a sa construirea socialismului, întăreşte şi lărgeşte neîncetat formaţiunea socialistă, asigură creşterea neîntreruptă a bunei stări materiale şi a nivelului cultural al oamenilor muncii.

Art. 7. — Bogăţiile de orice natură ale subsolului, fabricile, uzinele şi minele, pădurile, apele, isvoarele de energie naturală, căile de comunicaţie de orice fel, transportul feroviar, fluvial, maritim şi aerian, băncile, poşta, telegraful, telefonul, radio-ul, mijloacele de tipar, cinematografia şi teatrul, gospodăriile agricole

de stat, staţiunile de maşini şi tractoare, întreprinderile comunale şi partea naţionalizată a fondului de locuinţe dela oraşe, constitue proprietate de stat şi sunt bunuri ale întregului popor.

Art. 8. — Pământul în Republica Populară Română aparţine celor ce-l muncesc.

Art. 9. — Inventarul viu şi mort al gospodăriilor agricole colective şi cooperativelor, producţia realizată de ele, cât şi toate întreprinderile sau construcţiile ce le aparţin, reprezintă proprietatea obştească a gospodăriilor agricole colective şi a cooperativelor.

Ţăranii, membri ai gospodăriilor agricole colective, au dreptul de a avea în proprietate personală casa de locuit, un lot de pământ pe lângă casă, animale productive, păsări şi inventar agricol mărunt, în conformitate cu statutul gospodăriei agricole colective.

Art. 10. — Mica producţie de mărfuri în Republica Populară Română cuprinde gospodăriile ţărăneşti mici şi mijlocii, care posedă proprietate particulară asupra pământului bazată pe munca proprie a producătorului, ca şi atelierele meseriaşilor şi meşteşugarilor care nu exploatează munca altora. Statul ocroteşte dreptul de proprietate particulară asupra pământului a ţăranilor cu gospodării mici şi mijlocii, pe baza legilor în vigoare.

Statul democrat-popular sprijină pe ţăranii cu gospodării mici şi mijlocii, pe meşteşugari şi meseriaşi, cu scopul de a-i feri de exploatarea capitalistă, de a spori producţia realizată de ei şi de a ridica bunăstarea lor.

Art. 11. — Formaţiunea particular-capitalistă în Republica Populară Română cuprinde gospodăriile chiaburești, întreprinderile comerciale particulare, micile întreprinderi industriale nenaţionalizate, bazate pe exploatarea muncii salariate.

Statul democrat-popular realizează în mod consecvent politica de îngrădire şi eliminare a elementelor capitaliste.

Art. 12. — Dreptul de proprietate personală al cetăţenilor Republicii Populare Române asupra veniturilor şi economiilor provenite din muncă, asupra casei de locuit şi gospodăriei auxiliare pe lângă casă, asupra obiectelor casnice şi de uz personal, cât şi dreptul de moştenire asupra proprietăţii personale a cetăţenilor sunt ocrotite de lege.

Art. 13. — In Republica Populară Română comerţul exterior este monopol de stat.

Art. 14. — Viaţa economică şi culturală a Republicii Populare Române se desvoltă pe baza planului de stat al economiei naţionale, în interesul construirii socialismului, creşterii neîncetate a bunei stări materiale şi culturale a oamenilor muncii, întăririi independenţei naţionale a ţării şi a capacităţii ei de apărare.

Art. 15. — In Republica Populară Română munca este o datorie şi o chestiune de onoare pentru fiecare cetăţean capabil de muncă, după principiul „cine nu munceşte nu mănâncă". In Republica Populară Română se înfăptueşte tot mai larg principiul socialismului: „Dela fiecare după capacităţile lui, fiecăruia după munca sa"

CAPITOLUL II

ORÂNDUIREA DE STAT

Art. 16. — Regimul de stat al Republicii Populare Române este regimul democraţiei populare, care reprezintă puterea oamenilor muncii.

Art. 17. — Statul român democrat-popular:

a) apără independenţa şi suveranitatea poporului român, cuceririle oamenilor muncii dela oraşe şi sate, drepturile, libertăţile şi puterea oamenilor muncii împotriva duşmanilor poporului muncitor;

b) asigură întărirea şi desvoltarea forţelor de producţie ale ţării prin industrializarea ei socialistă, prin lichidarea înapoierii economice, tehnice şi culturale, prin transformarea socialistă treptată a agriculturii pe baza liberului consimţământ al ţăranilor muncitori;

c) organizează şi desvoltă economia planificată, bazându-se pe întreprinderile de stat şi cooperatiste;

d) organizează apărarea republicii de duşmanii externi şi conduce forţele armate ale ţării; forţele armate ale Republicii Populare Române păzesc hotarele ţării, independenţa, suveranitatea şi securitatea poporului român şi pacea;

e) asigură securitatea internă a cetăţenilor, face inofensivi şi reprimă pe duşmanii poporului;

f) conduce sistemul bănesc şi de credite, elaborează şi realizează bugetul de stat, stabileşte impozitele, taxele şi veniturile necesare pentru nevoile statului;

g) administrează băncile, întreprinderile şi instituţiile de stat industriale, agricole şi comerciale;

h) conduce învăţământul public de toate gradele;

i) asigură creşterea continuă a bunei stări şi sănătatea maselor populare dela oraşe şi sate;

j) asigură desvoltarea culturii poporului român şi a culturii minorităţilor naţionale, socialistă în conţinut, naţională în formă;

k) veghează la aplicarea şi respectarea Constituţiei şi legilor Republicii Populare Române, ele fiind expresia voinţei şi intereselor poporului muncitor.

Respectarea şi aplicarea întocmai a Constituţiei şi a legilor ţării este datoria principală a fiecărei instituţii de stat şi a fiecărui cetăţean, ele fiind obligatorii pe întreg teritoriul Republicii.

Art. 18. — Republica Populară Română are următoarea împărţire administrativ-teritorială:

Regiunile: Arad, Bacău, Baia Mare, Bârlad, Bucureşti, Cluj, Constanţa, Craiova, Galaţi, Hunedoara, Iaşi, Oradea, Piteşti, Ploieşti, Stalin, Suceava, Timişoara, Regiunea Autonomă Maghiară.

Art. 19. — Regiunea Autonomă Maghiară a Republicii Populare Române este formată din teritoriul locuit de populaţia compactă maghiară secuiască şi are conducere administrativă autonomă, aleasă de populaţia Regiunii Autonome.

Regiunea Autonomă Maghiară cuprinde raioanele: Ciuc, Gheorghieni, Odorhei, Reghin, Sângeorgiu de Pădure, Sft. Gheorghe, Tg.-Mureş, Tg.-Săcuesc, Topliţa.

Centrul administrativ al Regiunii Autonome Maghiare este oraşul Târgu-Mureş.

Art. 20. — Legile Republicii Populare Române, hotărîrile şi dispoziţiile organelor centrale ale Statului sunt obligatorii pe teritoriul Regiunii Autonome Maghiare.

Art. 21. — Regulamentul Regiunii Autonome Maghiare este elaborat de Sfatul Popular al Regiunii Autonome şi supus spre aprobare Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române.

CAPITOLUL III

ORGANUL SUPREM AL PUTERII DE STAT A REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

Art. 22. — Organul suprem al puterii de stat a Republicii Populare Române este Marea Adunare Naţională a Republicii Populare Române.

Art. 23. — Marea Adunare Naţională este unicul organ legiuitor al Republicii Populare Române.

Art. 24. — Marea Adunare Naţională are în competenţa sa directă:

a) alegerea Prezidiului Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române;

b) formarea Guvernului Republicii Populare Române;

c) modificarea Constituţiei;

d) chestiunile războiului şi ale păcii;

e) stabilirea planurilor economiei naţionale;

f) aprobarea bugetului statului şi încheierii exerciţiilor bugetare;

g) stabilirea numărului de ministere, denumirea, contopirea şi desfiinţarea de ministere;

h) modificarea împărţirii pe regiuni a teritoriului Republicii Populare Române;

i) acordarea amnistiei;

j) controlul general asupra aplicării Constituţiei.

Art. 25. — Marea Adunare Naţională este aleasă de către oamenii muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, pe circumscripţii electorale, câte un deputat la 40.000 locuitori.

Marea Adunare Naţională se alege pe timp de 4 ani.

Art. 26. — O lege se socoteşte adoptată dacă e votată de majoritatea simplă a Marii Adunări Naţionale.

Art. 27. — După adoptarea legilor de către Marea Adunare Naţională, ele sunt semnate de Preşedintele şi de Secretarul Prezidiului şi publicate în Buletinul Oficial al Marii Adunări Naţionale.

Indeplinirea legilor adoptate de Marea Adunare Naţională este obligatorie pentru toţi cetăţenii Republicii Populare Române.

Art. 28. — Sesiunile Marii Adunări Naţionale se ţin de două ori pe an. Convocarea Marii Adunări Naţionale se face de către Prezidiul Marii Adunări Naţionale.

Art. 29. — Marea Adunare Naţională poate fi convocată în sesiuni extraordinare de către Prezidiul Marii Adunări Naţionale, sau la cererea unei treimi din numărul total al deputaţilor.

Art. 30. — Marea Adunare Naţională îşi alege în fiecare sesiune un Preşedinte şi doi Vicepreşedinţi, care conduc şedinţele Marii Adunări Naţionale conform cu regulamentul interior de funcţionare.

Art. 31. — Marea Adunare Naţională validează mandatele deputaţilor aleşi.

In vederea verificării condiţiunilor în care s'a desfăşurat alegerea fiecărui deputat, Marea Adunare Naţională alege o comisie de validare. Această comisie supune raportul său aprobării Marii Adunări Naţionale, care hotărăşte validarea sau anularea alegerii fiecărui deputat.

Art. 32. — Marea Adunare Naţională poate numi comisii de anchetă şi revizie în diverse probleme.

Toate autorităţile şi funcţionarii de stat au obligaţia să pună la dispoziţia acestor comisii informaţiile şi documentele necesare.

Marea Adunare Naţională stabileşte pentru fiecare comisie în parte împuternicirile şi modul ei de activitate.

Art. 33. — Fiecare deputat are dreptul de a pune întrebări sau de a interpela guvernul ori pe miniştri în parte. Guvernul sau ministrul întrebat are obligaţia de a răspunde verbal sau în scris, în termen de cel mult 3 zile.

Art. 34. — Nici un deputat nu poate fi trimis în judecată şi nu poate fi arestat fără încuviinţarea Marii Adunări Naţionale, în timpul sesiunilor, iar între sesiuni — a Prezidiului Marii Adunări Naţionale.

Art. 35. — Marea Adunare Naţională a Republicii Populare Române alege Prezidiul Marii Adunări Naţionale, compus dintr'un Preşedinte, doi Vicepreşedinţi, un Secretar şi treisprezece membri.

Art. 36. — Prezidiul Marii Adunări Naţionale răspunde de toată activitatea sa în faţa Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române.

Art. 37. — Prezidiul Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române are următoarele atribuţiuni:

a) convoacă în sesiuni Marea Adunare Naţională;

b) emite decrete;

c) interpretează legile votate de Marea Adunare Naţională;

d) hotărăşte consultarea poporului (referendum);

e) abrogă hotărîrile şi dispoziţiunile Consiliului de Miniştri, când acestea nu sunt conforme legilor;

f) în intervalul dintre sesiunile Marii Adunări Naţionale, revocă din funcţiuni şi numeşte miniştri în Guvern la propunerea Preşedintelui Consiliului de Miniştri şi cu aprobarea ulterioară a Marii Adunări Naţionale;

g) institue decoraţiile, medaliile şi titlurile onorifice ale Republicii Populare Române;

h) conferă decoraţiile, medaliile şi titlurile onorifice ale Republicii Populare Române; stabileşte gradele militare, rangurile diplomatice şi alte titluri speciale;

i) în intervalul dintre sesiunile Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române, la propunerea Guvernului, declară stare de război în cazul unei agresiuni armate îndreptate împotriva Republicii Populare Române sau unui alt stat, faţă de care Republica Populară Română are obligaţiuni de apărare mutuală ce decurg din tratatele internaţionale;

j) numeşte şi revocă pe comandantul suprem al forţelor armate ale Republicii Populare Române;

k) declară mobilizarea parţială sau generală;

l) exercită dreptul de graţiere şi comutare a pedepselor;

m) ratifică şi denunţă tratatele internaţionale ale Republicii Populare Române;

n) acreditează şi recheamă pe reprezentanţii plenipotenţiari ai Republicii Populare Române în statele străine;

o) primeşte scrisorile de acreditare şi de rechemare ale reprezentanţilor diplomatici ai statelor străine, acreditaţi pe lângă Prezidiu;

p) în interesul apărării Republicii Populare Române sau al asigurării ordinii publice şi securităţii statului, proclamă în unele localităţi sau pe întreg teritoriul ţării starea excepţională.

Art. 38. — Marea Adunare Naţională se dizolvă la expirarea mandatului pentru care a fost aleasă.

Art. 39. — După expirarea mandatului Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române, Prezidiul Marii Adunării Naţionale fixează noi alegeri în termen de cel mult trei luni, socotite dela ziua expirării mandatului Marii Adunări Naţionale.

Prezidiul în funcţiune îşi păstrează împuternicirile sale până la alegerea noului Prezidiu de către noua Mare Adunare Naţională a Republicii Populare Române.

Art. 40. — In caz de război sau în cazul altor împrejurări excepţionale, Marea Adunare Naţională poate să-şi prelungească mandatul pentru timpul cât va dura starea excepţională.

Art. 41. — Marea Adunare Naţională nou aleasă este convocată de către Prezidiul în funcţiune, în termen de cel mult trei luni după alegeri.

CAPITOLUL IV

ORGANELE ADMINISTRAŢIEI DE STAT A REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

Art. 42. — Organul suprem executiv şi de dispoziţie al puterii de stat a Republicii Populare Române este Consiliul de Miniştri al Republicii Populare Române.

Art. 43. — Consiliul de Miniştri este constituit de către Marea Adunare Naţională a Republicii Populare Române şi este format din:

Preşedintele Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Române;

Vicepreşedinţii Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Române;

Preşedintele Comitetului de Stat al Planificării;

Preşedintele Comisiei Controlului de Stat;

Miniştri Republicii Populare Române;

Preşedintele Comitetului de Stat al Aprovizionării;

Preşedintele Comitetului de Stat pentru colectarea produselor agricole;

Preşedintele Comitetului Invăţământului Superior;

Preşedintele Comitetului pentru Artă.

Art. 44. — Consiliul de Miniştri este răspunzător şi dă socoteală de activitatea sa în faţa Marii Adunări Naţionale, iar în intervalul dintre sesiunile Marii Adunări Naţionale — în faţa Prezidiului Marii Adunări Naţionale.

Art. 45. — Consiliul de Miniştri al Republicii Populare Române emite hotărîri şi dispoziţii pe baza legilor în vigoare sau în vederea aplicării lor şi controlează executarea acestora.

Art. 46. — Aplicarea hotărîrilor şi dispoziţiilor Consiliului de Miniştri al Republicii Populare Române este obligatorie pe întreg teritoriul Republicii Populare Române.

Art. 47. — Consiliul de Miniştri al Republicii Populare Române are următoarele atribuţii:

a) coordonează şi îndrumează activitatea ministerelor şi a celorlalte instituţii subordonate lui;

b) ia măsuri pentru realizarea planului economiei naţionale, a bugetului statului şi în vederea consolidării sistemului monetar şi de credit;

c) ia măsuri în vederea asigurării ordinii publice, apărării intereselor statului şi ocrotirii drepturilor cetăţenilor;

d) exercită conducerea generală în domeniul relaţiilor cu statele străine;

e) fixează contingentele anuale de cetăţeni care urmează a fi chemaţi la îndeplinirea serviciului militar activ; conduce organizarea generală a forţelor armate ale ţării;

f) înfiinţează, după necesităţi, comitete şi comisiuni speciale, precum şi direcţii generale pe lângă Consiliul de Miniştri pentru probleme economice, culturale, juridice şi militare.

Art. 48. — Consiliul de Miniştri al Republicii Populare Române poate anula ordinele şi instrucţiunile miniştrilor neconforme legilor şi hotărîrilor Consiliului de Miniştri.

Art. 49. — In limitele competenţei ministerelor pe care le conduc, Miniştrii dau ordine şi instrucţiuni pe baza şi în vederea aplicării legilor în vigoare şi a hotărîrilor sau dispoziţiunilor Consiliului de Miniştri, controlând executarea lor.

Art. 50. — Ministerele Republicii Populare Române sunt următoarele:

Ministerul Afacerilor Externe;

Ministerul Afacerilor Interne;

Ministerul Agriculturii;

Ministerul Comerţului Exterior;

Ministerul Comerţului Interior;

Ministerul Construcţiilor şi al Industriei Materialelor de Construcţii;

Ministerul Cultelor;

Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice;

Ministerul Finanţelor;

Ministerul Forţelor Armate;

Ministerul Gospodăriilor Agricole de Stat;

Ministerul Gospodăriei Comunale şi Industriei Locale;

Ministerul Gospodăriei Silvice;

Ministerul Industriei Alimentare;

Ministerul Industriei Cărnii, Peştelui şi Laptelui;

Ministerul Industriei Cărbunelui;

Ministerul Industriei Chimice;

Ministerul Industriei Metalurgice;

Ministerul Industriei Petrolului;

Ministerul Industriei Lemnului, Hârtiei şi Celulozei;

Ministerul Industriei Uşoare;

Ministerul Invăţământului Public;

Ministerul Justiţiei;

Ministerul Poştelor şi Telecomunicaţiilor;

Ministerul Prevederilor Sociale;

Ministerul Sănătăţii;

Ministerul Transporturilor

CAPITOLUL V

ORGANELE LOCALE ALE PUTERII DE STAT

Art. 51. — Organele puterii de stat în regiuni, raioane, oraşe şi comune sunt Sfaturile Populare ale oamenilor muncii dela oraşe şi sate.

Art. 52. — Sfaturile Populare se compun din deputaţi aleşi pe timp de doi ani de către oamenii muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, din regiunea, raionul, oraşul şi comuna respectivă.

Normele de reprezentare în Sfaturile Populare se stabilesc prin lege.

Art. 53. — Sfaturile Populare îndrumă munca organelor administrative subordonate lor, conduc activitatea locală pe tărâm economic şi cultural, asigură menţinerea ordinii publice, respectarea legilor şi ocrotirea drepturilor cetăţenilor, întocmesc bugetul local.

Art. 54. — Sfaturile Populare iau hotărîri şi dau dispoziţii în limitele drepturilor ce le sunt acordate prin legile Republicii Populare Române.

Art. 55. — Sfaturile Populare organizează participarea activă a oamenilor muncii la conducerea treburilor de stat şi obşteşti şi la opera de construire a socialismului.

Art. 56. — Organele executive şi de dispoziţie ale Sfaturilor Populare regionale, raionale, orăşeneşti şi comunale sunt Comitetele Executive alese de deputaţii Sfaturilor Populare şi sunt alcătuite din Preşedinte, Vicepreşedinte, Secretar şi membri.

Art. 57. — Organul puterii de stat al Regiunii Autonome Maghiare este Sfatul Popular al Regiunii Autonome.

Organul executiv al Sfatului Popular al Regiunii Autonome Maghiare este Comitetul Executiv ales de el.

Art. 58. — Sfatul Popular al Regiunii Autonome Maghiare este ales după normele stabilite de lege, pe timp de 2 ani, de către oamenii muncii din Regiunea Autonomă, cetăţeni ai Republicii Populare Române.

Art. 59. — Organul executiv şi de dispoziţie al Sfaturilor Populare din comunele mici este alcătuit din Preşedinte, Vicepreşedinte şi Secretar, aleşi de deputaţii Sfatului Popular respectiv.

Art. 60. — Organele executive şi de dispoziţie ale Sfaturilor Populare dau socoteală de activitatea lor atât Sfatului Popular care le-a ales, cât şi Comitetului Executiv al Sfatului Popular imediat superior.

Art. 61. — Sfaturile Populare regionale, raionale şi orăşeneşti organizează secţiuni ale Comitetelor Executive.

Organizarea, modul de funcţionare şi activitatea secţiunilor este determinată prin lege.

Art. 62. — Secţiunile Comitetelor Executive ale Sfaturilor Populare sunt subordonate atât

Sfatului Popular şi Comitetului Executiv pe lângă care funcţionează, cât şi secţiunii corespunzătoare a Comitetului Executiv al Sfatului Popular imediat superior şi Ministerelor respective.

Art. 63. — După expirarea mandatului Sfaturilor Populare, Comitetele Executive îşi păstrează atribuţiile până la constituirea noilor organe executive de către Sfaturile Populare nou alese.

CAPITOLUL VI

INSTANŢELE JUDECĂTOREŞTI ŞI PROCURATURA

Art. 64. — Justiţia, în Republica Populară Română, este exercitată prin Tribunalul Suprem al Republicii Populare Române, Tribunalele regionale şi Tribunalele populare.

Prin lege pot fi înfiinţate instanţe judiciare speciale.

Organizarea, atribuţiunile şi procedura tribunalelor sunt stabilite prin lege.

Art. 65. — Tribunalele apără regimul de democraţie populară şi cuceririle poporului muncitor; asigură legalitatea populară, proprietatea obştească şi drepturile cetăţenilor.

Art. 66. — Judecarea proceselor, la toate instanţele, se face cu participarea asesorilor populari, afară de cazurile când legea dispune altfel.

Art. 67. — Tribunalul Suprem al Republicii Populare Române este ales de Marea Adunare Naţională pe termen de cinci ani.

Judecătorii şi asesorii populari sunt aleşi în conformitate cu procedura stabilită prin lege.

Prin lege este stabilită şi numirea judecătorilor în instanţele speciale.

Art. 68. — In Republica Populară Română, procedura judiciară se face în limba română, asigurându-se în regiunile şi raioanele locuite de populaţie de altă naţionalitate decât cea română, folosirea limbii materne a acelei populaţii.

Părţilor, care nu vorbesc limba în care se face procedura judiciară, li se asigură posibilitatea de a lua cunoştinţă, prin traducător, de piesele dosarului, precum şi dreptul de a vorbi în instanţă şi a pune concluziuni în limba maternă.

Art. 69. — In toate instanţele judecata este publică, în afară de cazurile prevăzute de lege.

Acuzatului i se garantează dreptul de apărare.

Art. 70. — Judecătorii sunt independenţi şi se supun numai legii.

Art. 71. — Tribunalele pronunţă sentinţele lor în numele poporului.

Art. 72. — Tribunalul Suprem al Republicii Populare Române exercită supravegherea activităţii judiciare a tuturor instanţelor judecătoreşti din Republica Populară Română.

Art. 73. — Procurorul General al Republicii Populare Române exercită supravegherea superioară a respectării legilor de către Ministere şi celelate organe centrale, de către organele locale ale puterii şi administraţiei de stat, precum şi de către funcţionari şi ceilalţi cetăţeni.

Art. 74. — Procurorul General al Republicii Populare Române este numit de Marea Adunare Naţională pe termen de cinci ani.

Locţiitorii Procurorului General al Republicii Populare Române şi procurorii unităţilor locale ale procuraturii sunt numiţi de Procurorul General pe termen de patru ani.

Art. 75. — Procurorul General răspunde faţă de Marea Adunare Naţională a Republicii Populare Române şi — în intervalul dintre sesiuni — faţă de Prezidiul Marii Adunări Naţionale şi faţă de Consiliul de Miniştri.

Art. 76. — Organele Procuraturii sunt independente de organele locale, subordonându-se numai Procurorului General al Republicii Populare Române.

CAPITOLUL VII

DREPTURILE ŞI DATORIILE FUNDAMENTALE ALE CETĂŢENILOR

Art. 77. — Cetăţenilor Republicii Populare Române le este asigurat dreptul la muncă, adică dreptul de a căpăta o muncă garantată şi plătită potrivit cu cantitatea şi calitatea ei.

Dreptul la muncă este garantat prin existenţa şi desvoltarea formaţiunii socialiste a economiei naţionale, prin creşterea neîntreruptă şi sistematică a forţelor de producţie în Republica Populară Română, prin înlăturarea posibilităţii crizelor economice şi prin lichidarea şomajului.

Art. 78. — Cetăţenii Republicii Populare Române au dreptul la odihnă.

Dreptul la odihnă este asigurat prin: stabilirea zilei de muncă de 8 ore pentru muncitori şi funcţionari; reducerea zilei de muncă sub 8 ore pentru anumite profesiuni cu condiţii de muncă grele şi pentru secţii cu condiţii de muncă deosebit de grele; stabilirea de concedii anuale plătite pentru toţi muncitorii şi funcţionarii; punerea la dispoziţia oamenilor muncii a caselor de odihnă, sanatoriilor şi instituţiilor de cultură.

Art. 79. — Cetăţenii Republicii Populare Române au dreptul la asigurare materială la bătrâneţe, în caz de boală sau incapacitate de muncă.

Acest drept este garantat prin dezvoltarea largă a asigurărilor sociale ale muncitorilor şi funcţionarilor, pe socoteala statului, prin asis-

tenţa medicală gratuită acordată celor ce muncesc şi prin punerea staţiunilor balneare şi climaterice la dispoziţia oamenilor muncii.

Art. 80. — Cetăţenii Republicii Populare Române au dreptul la învăţătură.

Acest drept este asigurat prin învăţământul elementar general, obligatoriu şi gratuit; prin sistemul burselor de stat acordate studenţilor şi elevilor meritoşi din şcolile învăţământului superior, mediu şi elementar; prin organizarea pe lângă întreprinderi industriale, gospodării agricole de stat, staţiuni de maşini şi tractoare şi gospodării agricole colective a învăţământului profesional gratuit pentru cei ce muncesc.

Invăţământul de toate gradele este învăţământ de stat.

Statul se îngrijeşte de dezvoltarea ştiinţei, literaturii şi artei.

Art. 81. — Oamenilor muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, fără deosebire de naţionalitate, rasă şi sex, le este asigurată deplina egalitate de drepturi în toate domeniile vieţii economice, politice şi culturale.

Orice fel de îngrădire directă sau indirectă a drepturilor oamenilor muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, stabilirea de privilegii directe sau indirecte pe temeiul rasei sau al naţionalităţii cărora le aparţin cetăţenii, orice manifestare de şovinism, ură de rasă, ură naţională sau propagandă naţionalistă şovină este pedepsită de lege.

Art. 82. — In Republica Populară Română se asigură minorităţilor naţionale folosirea liberă a limbii materne, învăţământul de toate gradele în limba maternă, cărţi, ziare şi teatre în limba maternă. In circumscripţiile locuite şi de populaţii de altă naţionalitate decât cea română, toate organele şi instituţiile vor folosi oral şi scris şi limba naţionalităţilor respective şi vor face numiri de funcţionari din rândul naţionalităţii respective sau a altor localnici care cunosc limba şi felul de trai al populaţiei locale.

Art. 83. — Femeia în Republica Populară Română are drepturi egale cu ale bărbatului în toate domeniile vieţii economice, politice, de stat şi culturale.

Femeia are drepturi egale cu ale bărbatului la muncă, salariu, odihnă, asigurare socială şi învăţământ.

Statul ocroteşte căsătoria şi familia şi apără interesele mamei şi copilului. Statul acordă ajutor mamelor cu mulţi copii şi mamelor singure, concedii cu plata salariului femeilor însărcinate; organizează maternităţi, creşe şi cămine de copii.

Art. 84. — Libertatea de conştiinţă este garantată tuturor cetăţenilor Republicii Populare Române.

Cultele religioase sunt libere să se organizeze şi pot funcţiona liber. Libertatea exercitării cultelor religioase este garantată tuturor cetăţenilor Republicii Populare Române.

Şcoala este despărţită de biserică. Nici o confesiune, congregaţie sau comunitate religioasă nu poate deschide sau întreţine instituţii de învăţământ general, ci numai şcoli speciale pentru pregătirea personalului cultului.

Modul de organizare şi funcţionare a cultelor religioase se reglementează prin lege.

Art. 85. — In conformitate cu interesele celor ce muncesc şi în vederea întăririi regimului de democraţie populară, cetăţenilor Republicii Populare Române li se garantează prin lege:

a) libertatea cuvântului;

b) libertatea presei;

c) libertatea întrunirilor şi a meetingurilor;

d) libertatea cortegiilor şi a demonstraţiilor de stradă.

Aceste drepturi sunt asigurate punându-se la dispoziţia maselor muncitoare şi organizaţiilor lor tipografiile, depozitele de hârtie, clădirile publice, străzile, mijloacele de comunicaţii şi alte condiţii materiale necesare exercitării acestor drepturi.

Art. 86. — In conformitate cu interesele celor ce muncesc şi în scopul dezvoltării activităţii politice şi obşteşti a maselor populare, cetăţenilor Republicii Populare Române li se asigură dreptul de asociere în organizaţii obşteşti, în sindicate profesionale, uniuni cooperatiste, organizaţii de femei, de tineret, organizaţii sportive, asociaţii culturale, tehnice şi ştiinţifice.

Orice asociaţie cu caracter fascist sau antidemocratic este interzisă. Participarea la astfel de asociaţii este pedepsită de lege.

Cetăţenii cei mai activi şi cei mai conştienţi din rândurile clasei muncitoare şi din rândurile celorlalte pături de oameni ai muncii se unesc în Partidul Muncitoresc Român, detaşamentul de avangardă al oamenilor muncii în lupta pentru întărirea şi desvoltarea regimului de democraţie populară şi pentru construirea societăţii socialiste.

Partidul Muncitoresc Român este forţa conducătoare atât a organizaţiilor celor ce muncesc cât şi a organelor şi instituţiilor de stat. In jurul lui se strâng laolaltă toate organizaţiile celor ce muncesc din Republica Populară Română.

Art. 87. — Cetăţenilor Republicii Populare Române le este garantată inviolabilitatea persoanei.

Nimeni nu poate fi arestat decât pe baza hotărîrii tribunalului sau a procurorului, conform prevederilor legii.

Art. 88. — Inviolabilitatea domiciliului cetăţenilor şi secretul corespondenţei sunt ocrotite de lege.

Art. 89. — Republica Populară Română acordă drept de azil cetăţenilor străini urmăriţi pentru apărarea intereselor celor ce muncesc, pentru activitate ştiinţifică, pentru participare la lupta de eliberare naţională sau de apărare a păcii.

Art. 90. — Fiecare cetăţean al Republicii Populare Române este dator să respecte Constituţia

şi legile statului de democraţie populară; să păzească, să întărească şi să dezvolte proprietatea obştească socialistă; să respecte disciplina muncii; să contribue activ la întărirea regimului de democraţie populară şi la propăşirea economică şi culturală a ţării.

Art. 91. — Serviciul militar este obligatoriu. Serviciul militar în rândurile forţelor armate ale Republicii Populare Române este o îndatorire de onoare a cetăţenilor Republicii Populare Române.

Art. 92. — Apărarea Patriei este datoria sfântă a fiecărui cetăţean al Republicii Populare Române. Trădarea de Patrie, călcarea jurământului, trecerea de partea inamicului, aducerea de prejudicii capacităţii de apărare a statului, spionajul, constitue crimele cele mai grave faţă de popor şi de stat şi sunt pedepsite de lege cu toată asprimea.

CAPITOLUL VIII

SISTEMUL ELECTORAL

Art. 93. — Alegerile de deputaţi pentru Marea Adunare Naţională şi pentru Sfaturile Populare se fac prin vot universal, egal, direct şi secret.

Art. 94. — Toţi oamenii muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, care au împlinit vârsta de 18 ani, fără deosebire de rasă sau naţionalitate, sex, religie, grad de cultură, profesiune sau durata domicilierii, au dreptul de a lua parte la alegerea deputaţilor, cu excepţia alienaţilor, a persoanelor condamnate prin sentinţă judecătorească la pierderea dreptului electoral şi a celor declaraţi nedemni prin lege.

Poate fi ales deputat al Marii Adunări Naţionale oricare om al muncii, cetăţean al Republicii Populare Române, cu drept de vot, care a împlinit vârsta de 23 ani.

Art. 95. — Toţi oamenii muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, iau parte la alegeri în mod egal, fiecare având dreptul la un singur vot.

Art. 96. — Femeile au dreptul de a alege şi de a fi alese în Marea Adunare Naţională şi în Sfaturile Populare la fel cu bărbaţii.

Art. 97. — Cetăţenii aflaţi sub arme în rândurile forţelor armate ale Republicii Populare Române au dreptul de a alege şi a fi aleşi, la fel ca toţi oamenii muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române.

Art. 98. — Alegerile de deputaţi pentru Marea Adunare Naţională şi pentru toate Sfaturile Populare se fac de către oamenii muncii, cetăţeni ai Republicii Populare Române, prin vot direct.

Art. 99. — Alegerile de deputaţi se fac prin vot secret.

Art. 100. — Candidaturile pentru alegerea deputaţilor se depun pe circumscripţii electorale, după normele stabilite prin lege.

Dreptul de a depune candidaturi este asigurat tuturor organizaţiilor oamenilor muncii, organizaţiilor Partidului Muncitoresc Român, sindicatelor profesionale, cooperativelor, organizaţiilor de tineret şi altor organizaţii de masă, precum şi asociaţiilor culturale.

Art. 101. — Fiecare deputat este obligat să dea socoteală în faţa alegătorilor de activitatea sa şi de aceea a organului ales din care face parte.

Deputatului i se poate retrage oricând mandatul, în urma hotărîrii majorităţii alegătorilor, luată în conformitate cu procedura fixată de lege.

CAPITOLUL IX

STEMA, DRAPELUL ŞI CAPITALA REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

Art. 102. — Stema Republicii Populare Române reprezintă munţi împăduriţi, deasupra cărora se ridică soarele. In partea stângă a stemei se află o sondă. Stema este încadrată de o cunună de spice de grâu. In partea de sus a stemei se află o stea în cinci colţuri.

Art. 103. — Drapelul Republicii Populare Române poartă culorile roşu, galben şi albastru, aşezate vertical, cu albastrul lângă lancie. In mijloc este aşezată stema Republicii Populare Române.

Art. 104. — Capitala Republicii Populare Române este oraşul Bucureşti.

CAPITOLUL X

PROCEDURA DE MODIFICARE A CONSTITUŢIEI REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

Art. 105. — Constituţia Republicii Populare Române poate fi modificată numai prin lege votată de Marea Adunare Naţională.

Proiectul de lege asupra modificării Constituţiei se consideră adoptat dacă a fost votat de cel puţin două treimi din numărul total al membrilor Marii Adunări Naţionale a Republicii Populare Române.

COMUNICAT

In ziua de 18 Iulie a. c. a avut loc, sub președinția tovarășului Gh. Gheorghiu-Dej, o consfătuire de coordonare, la care au luat parte membrii ai Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Român, membrii ai conducerilor organizațiilor sindicale, de tineret, de femei, Frontului Plugarilor, organizațiilor și comitetelor minorităților naționale și altor organizații obștești, cooperatiste, culturale și științifice.

Consfătuirea a ales Consiliul Central al Frontului Democrației Populare, alcătuit din următorii:

1. **Gheorghe Gheorghiu-Dej** — secretar general al C.C. al P.M.R.; 2. **Alexe Ilie** — (U.C.E. C.O.M.); 3. **Boris Caragea** — președinte al Uniunii Artiștilor Plastici din R.P.R.; 4. **Iosif Chișinevschi** — secretar al C.C. al P.M.R.; 5. **Maria Cincă** — țesătoare stahanovistă, Industria Bumbacului B.; 6. Acad. prof. **Petre Constantinescu-Iași;** 7. **Paul Cornea**—secretar al C.C. al U.T.M.; 8. **Rada Covalciuc** — membru în Biroul Executiv al C.C. al U.F.D.R.; 9. **Bercu Feldman** — secretar al C.D.E.; 10. General maior **Floca Arhip;** 11. **Petre Forțu** — oțelar stahanovist, Combinatul Siderurgic „Gh. Gheorghiu-Dej", Hunedoara; 12. **Ilie Fulga** — președintele gospodăriei colective Mozăceni, regiunea Pitești; 13. **Filip Geltz** — secretar al Comitetului Antifascist German; 14. **Radu Gheorghe**—(Centrocoop); 15. **Petru Groza** — președintele Frontului Plugarilor; 16. **Maier Grünberg** — directorul Canalului Dunărea-Marea Neagră; 17. **Horvát Imre** — scriitor; 18. **Marin Florea Ionescu;** 19. **Ludovic Iuhasz** — membru în Biroul C.C. al U.P.M.; 20. **Jean Ilie** — președintele Sfatului Popular al Capitalei; 21. **Kopetin Geza** — miner stahanovist, Jieț-Lonea; 22. **Mazilu Emil** — președintele Sfatului Popular regional Iași; 23. **Alexandru Moghioroș** — secretar al C.C. al P. M. R.; 24. **Stelian Moraru** — președintele Confederației Generale a Muncii; 25. **Mihai Mujic** — membru în Biroul Executiv al C.C. al C.G.M.; 26. Acad. prof. **Ilie Murgulescu;** 27. **Vasile Mușat** — secretar al C.C. al U.T.M.; 28. **Eugen Nicolaev** — președintele Comitetului Democrat Ruso-Ucrainean; 29. **Stelian Nițulescu;** 30. **Ion Onțanu** — membru al C.C. al Frontului Plugarilor; 31. **Francisc Otrok** — secretar al C.C. al U.P.M.; 32. Acad. prof. dr. **C. I. Parhon** — președintele A.R.L.U.S.-ului; 33. Acad. prof. ing. **Nicolae Profiri** — președintele A.S.I.T.-ului; 34. **Eremia Părdău** — membru în C.C. al Frontului Plugarilor; 35. **Radu Aurel** — tractorist fruntaș, I.C.A.R., Studina; 36. **Ileana Răceanu** — vicepreședinte al C.C. al U.F.D.R.; 37. **Leonte Răutu** — membru al C.C. al P.M.R.; 38. Acad. **Mihail Sadoveanu** — președintele Uniunii Scriitorilor din R.P.R.; 39. **Matei Socor** — președintele Uniunii Compozitorilor din R.P.R.; 40. **Gheorghe Stoica** — membru al C.C. al P.M.R.; 41. Acad. prof. **Traian Săvulescu** — președintele Academiei R.P.R.; 42. **Nicolae Vasu,** strungar stahanovist Uzinele „Mathias Rakosi"; 43. **Gheorghe Vidrașcu** — președintele C.C.F.S.

Apoi a fost ales Biroul Consiliului Central al Frontului Democrației Populare, având următoarea compoziție:

1. **Gheorghe Gheorghiu-Dej,** 2. **Alexandru Moghioroș,** 3. **Iosif Chișinevschi,** 4. **Petru Groza,** 5. **Mihail Sadovanu,** 6. **Leonte Răutu,** 7. **Traian Săvulescu,** 8. **Mihai Mujic,** 9. **Ilie Murgulescu,** 10. **Ileana Răceanu,** 11. **Vasile Mușat.**

Ca președinte al Consiliului Central al Frontului Democrației Populare a fost ales în unanimitate tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej, iar ca secretari ai Consiliului Central — tovarășii I. Chișinevschi și Al. Moghioroș.

Consfătuirea a adoptat planul de activitate al Consiliului Central F.D.P. în legătură cu desbaterea publică a proiectului de Constituție a R.P.R.

18.VII.1952.

IMBUNĂTĂŢIREA FACTORULUI DE PUTERE PRIN MAŞINI CU COLECTOR

Prof. Dr. Ing. G. PETRESCU

Se studiază mecanismul îmbunătăţirii factorului de putere prin alimentarea motoarelor asincrone cu un curent de excitaţie de frecvenţa alunecării. Se indică principiul de funcţionare al maşinilor cu colector polifazate, servind în acest scop ca excitatrice. Articolul se termină cu un scurt examen comparativ din punct de vedere practic asupra diferitelor sisteme de ameliorare a factorului de putere.

Problema îmbunătăţirii factorului de putere în reţelele electrice a preocupat foarte mult cercurile tehnice din ţara noastră.

In afară de studiile şi conferinţele organizate în trecut, chiar în numerele recente ale acestei reviste au fost publicate mai multe articole tratând această problemă

Prin ele s'a urmărit să se demonstreze pe de o parte necesitatea îmbunătăţirii factorului de putere şi să se indice pe de altă parte principalele mijloace utilizate în acest scop :

a) Mijloacele generale de îmbunătăţire, rezultând din reducerea puterii reactive absorbită de diferitele maşini şi aparate din reţele, precum şi reducerea distanţelor de transport al puterii reactive.

b) Mijloacele de compensaţie a puterii reactive şi în mod special condensatorii statici şi maşinile sincrone.

In aceste articole au fost menţionate în mod sumar şi motoarele asincrone compensate, dar nu s'a indicat nimic asupra montajului în cascadă al motoarelor asincrone cu maşini cu colector polifazate. Amândouă aceste mijloace de îmbunătăţire a factorului de putere bazate pe utilizarea maşinilor cu colector prezintă un interes special atât din punct de vedere teoretic, prin aspectele deosebite pe care le prezintă, cât şi din punct de vedere practic, prin soluţiile tehnice pe care le oferă.

MECANISMUL IMBUNĂTĂŢIRII FACTORULUI DE PUTERE, PRIN ALIMENTAREA LA FRECVENŢA DE ALUNECARE A MAŞINILOR ASINCRONE

Mecanismul îmbunătăţirii factorului de putere al maşinilor asincrone şi chiar utilizarea acestor maşini pentru producerea de putere reactivă este bazată pe constatarea că, în funcţionarea unei maşini asincrone, puterea reactivă necesară pentru îmbunătăţirea factorului de putere este cu mult mai redusă dacă este furnizată circuitului de frecvenţa redusă a alunecării, adică în mod normal circuitului rotoric, decât în cazul când ar fi furnizată circuitului de frecvenţa reţelei, adică statorului.

Acest avantaj este însă realizabil numai dacă această putere reactivă este furnizată cu ajutorul unei maşini cu colector montată în cascadă cu maşina asincronă, fie asociindu-le împreună într'o singură maşină, cum este cazul la maşinile asincrone compensate, fie menţinându-le separat, cum este cazul montajului în cascadă propriu zis.

Intr'adevăr, oricare ar fi pulsaţia curenţilor care produc fluxurile într'o maşină electrică, dacă se neglijează fluxurile de scăpare, se poate scrie relaţia :

$$\bar{\Phi}_r = \bar{\Phi}_1 + \bar{\Phi}_2$$

în care Φ_1, Φ_2 şi Φ_r reprezintă fluxul primar, fluxul secundar şi fluxul rezultant.

Cum fiecare din aceste fluxuri este produs de amperspirele respective care sunt proporţionale cu aceste fluxuri, se poate scrie :

$$w_1 \bar{I}_\mu = w_1 \bar{I}_1 + w_2 \bar{I}_2$$

in care $w_1 I_\mu$ reprezintă amperspirele magnetizante.

Dacă în diagrama care reprezintă compunerea acestor amperspire (fig. 1) se proectează aceste amperspire pe axa fluxului rezultant, se obţine :

$$w_1 I_\mu = w_1 I_1 \sin \varphi_1 - w_2 I_2 \sin \varphi_2$$

în care φ_1 şi φ_2 reprezintă unghiurile de decalaj între tensiune şi curent în circuitul primar şi respectiv în circuitul secundar.

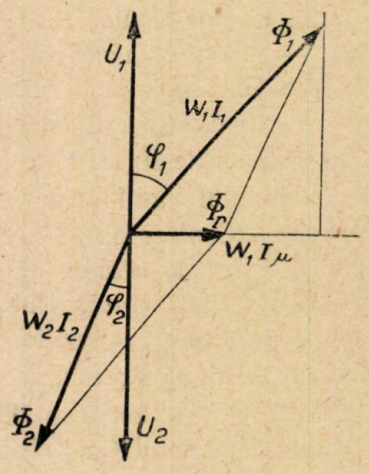


Fig. 1. Diagrama transformatorului.

In cazul producerii forţei electromotoare prin inducţie pe cale statică, cum este cazul transformatorilor statici, unde frecvenţa curenţilor este aceeaşi în ambele circuite, dacă se înmulţesc ambii membri cu $U_1 = \frac{w_1}{w_2} U_2$, se poate scrie relaţia dintre puterile reactive :

$$U_1 I_\mu = U_1 I_1 \sin \varphi_1 - U_2 I_2 \sin \varphi_2$$

sau

$$Q_\mu = Q_1 - Q_2$$

adică

$$Q_1 = Q_\mu + Q_2.$$

Aceste relaţii corespund cazului normal al transformatorilor, când circuitul primar furnizează atât puterea reactivă a circuitului secundar, cât şi puterea magnetizantă a transformatorului.

In cazul maşinilor electrice la care forţa electromotoare este produsă prin mişcări de rotaţie şi în special la maşinile asincrone, frecvenţa şi tensiunea în circuitul secundar sunt proporţionale cu alunecarea s, astfel încât se poate scrie :

$$f_2 = s f_1$$

şi

$$\frac{w_1}{w_2} U_2 = s U_1$$

deci :

$$U_1 I_\mu = U_1 I_1 \sin \varphi_1 - \frac{1}{s} U_2 I_2 \sin \varphi_2$$

adică

$$Q_1 = Q_\mu + \frac{1}{s} Q_2$$

în cazul când puterea reactivă este furnizată de circuitul primar şi respectiv

$$Q_2 = s\ (Q_1 + Q_\mu)$$

în cazul când puterea reactivă este furnizată de circuitul secundar.

Din aceste relaţii rezultă că, în acest ultim caz, puterea reactivă nu mai este egală cu suma puterilor eactive, primară şi de magnetizare, a circuitului magnetic, în conformitate cu principiul conservării energiei. Ea este redusă în raport cu alunecarea, ceeace pare în contradicţie cu principiu conservării puterii eactive

In cazul când circuitul secundar furnizează numai puterea reactivă necesară pentru magnetizarea circuitului magnetic, puterea reactivă în circuitul primar este anulată, realizându-se îmbunătăţirea factorului de putere până la valoarea cos $\varphi = 1$.

In cazul când circuitul secundar furnizează o putere reactivă mai mare decât aceea necesară pentru magnetizare, ea poate fi transmisă în circuitul primar şi maşina asincronă funcţionează ca o maşină generatoare de putere reactivă, în mod s milar cu un compensator sincron supraexcitat.

EXPLICAŢIA FIZICĂ A REDUCERII PUTERII REACTIVE, IN CAZUL ALIMENTĂRII LA FRECVENŢA DE ALUNECARE

Explicaţia fizică a variaţiei puterii reactive prin schimbarea frecvenţei rezultă din următoarele consideraţiuni :

Funcţionarea oricărei maşini electrice sau transformator static este bazată pe existenţa unui circuit magnetic, străbătut de fluxul de inducţie magnetică ; magnetizarea circuitului magnetic poate fi făcută fie prin curent continuu — ca în cazul maşinilor de curent continuu sau al maşinilor sincrone ; fie prin curent alternativ, — ca în cazul transformatorilor statici, al maşinilor asincrone şi al maşinilor cu colector de curent alternativ.

In momentul în care valoarea curentului de magnetizare este maximă, în câmpul magnetic se înmagazinează o energie, dată de expresia

$$W = \tfrac{1}{2} L I^2$$

în care L reprezintă inductanţa proprie a circuitului electric care serveşte pentru magnetizare. In momentul în care curentul trece prin valoarea zero, energia acumulată în câmpul magnetic se anulează, fiind restituită generatorului sau eventual unui condensator care s'ar găsi în circuit. Deplasarea acestei energii între câmpul magnetic şi generator (respectiv câmpul electric al condensatorului), adică variaţia energiei câmpului magnetic reprezintă o putere instantanee, dată de relaţia

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{d\ (\tfrac{1}{2} L i^2)}{dt}.$$

Curentul fiind sinusoidal

$$i = I_m \sin \omega t,$$

rezultă că :

$$p = \frac{d\ (\tfrac{1}{2} L I_m^2 \sin^2 \omega t)}{dt} = L I_m^2\ \omega \sin \omega t \cos \omega t = i u_L$$

în care $u_L = L \omega I_m \cos \omega t$ reprezintă valoarea tensiunii instantanee aplicată circuitului de inductanţă L pentru a se obţine curentul i şi care este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea curentului.

Integrala puterii instantanee în cursul unei perioade $P = \frac{1}{T} \int_0^T i u_L\, dt$ care reprezintă puterea reală, este nulă ; în schimb, produsul dintre valorile eficace ale tensiunii u şi ale curentului i reprezintă puterea reactivă :

$$Q = U_L I = L \omega I^2.$$

Din această relaţie rezultă că, pentru aceleaşi condiţiuni de magnetizare, adică pentru aceeaşi energie înmagazinată în circuitul magnetic, puterea reactivă variază proporţional cu valoarea pulsaţiei (respectiv a frecvenţei) cu care oscilează în circuit această energie. In cazul când maşinile asincrone sunt alimentate sau excitate prin rotor, frecvenţa curentului rotoric este dată de relaţia $f_2 = s f_1$, astfel încât puterea reactivă este redusă proporţional cu alunecarea.

Maşinile sincrone excitate în curent continuu reprezintă cazul limită în care, anulându-se frecvenţa curentului în circuitul secundar, se anulează totodată şi puterea reactivă de alimentare prin acest circuit.

EXCITAREA MAŞINILOR ASINCRONE PRIN MAŞINI CU COLECTOR

Utilizarea de condensatori statici în circuitul secundar (în rotor) la maşinile asincrone, pentru producerea unei puteri reactive mai reduse la frecvenţa de alunecare, nu prezintă avantaje, deoarece capacitatea acestor condensatori ar fi aceiaşi ca în cazul când ar fi montaţi în circuitul primar (în stator).

Intr'adevăr, energia electrostatică înmagazinată în condensatori fiind dată de expresia

$$W = \tfrac{1}{2} C U^2$$

puterea reactivă care îi corespunde este

$$Q = U^2 C \omega .$$

Valoarea capacităţii care rezultă din această relaţie este dată de expresia

$$C = \frac{1}{U^2} \frac{Q}{\omega} .$$

Din această expresie se constată, că valoarea capacităţii fiind proporţională în acelaş timp şi cu puterea reactivă şi cu pulsaţia, rămâne neschimbată atunci când, prin variaţia pulsaţiei, variază în mod corespunzător puterea reactivă.

Utilizarea de maşini sincrone nu este deasemeni avantajoasă, deoarece, la frecvenţa atât de redusă a alunecării, maşinile sincrone trebue să aibă o viteză foarte redusă, ceeace conduce la dimensiuni mari şi cost foarte ridicat, anulând reducerea de preţ rezultată din micşorarea puterii.

Dimpotrivă, alimentarea maşinilor asincrone la frecvenţa de alunecare cu ajutorul unor maşini de curent alternativ polifazate cu colector este avantajoasă, deoarece aceste maşini îşi păstrează dimensiunile normale corespunzătoare puterii reduse şi vitezei optime de funcţionare, independent de frecvenţa curenţilor produşi.

Această constatare rezultă din următoarele consideraţiuni :

Intr'o maşină cu colector polifazată, forţele electromotoare sunt produse prin rotirea câmpului învârtitor creat de bobinajele polifazate, în raport cu rotorul, în aceleaşi condiţiuni în care s'ar produce forţe electromotoare la o maşină de curent continuu, dacă s'ar roti inductorul menţinând periile fixe.

Din studiul maşinilor de curent continuu se ştie că valoarea forţei electromotoare obţinută la perii este maximă, având valoarea $E = \frac{n}{60} N \Phi$ numai în cazul când periile sunt plasate pe o axă făcând un unghiu $\frac{\pi}{2}$ cu axa fluxului (în ipoteza unei maşini bipolare, (fig. 2).

In cazul când periile sunt fixe şi fluxul se roteşte, unghiul α, format de axa periilor cu axa fluxului este variabil şi, în consecinţă, forţa electromotoare obţinută la perii variază în funcţie de acest unghiu.

In ipoteza că fluxul are o repartiţie sinusoidală în întrefier, se poate scrie :

$$e = E \cos \alpha = E \cos \omega t$$

în care ω reprezintă viteza de rotaţie a fluxului în raport cu periile.

In consecinţă, se constată că frecvenţa curenţilor produşi în maşinile cu colector este independentă de viteza de rotaţie a rotorului şi numai amplitudinea forţei electromotoare obţinută la perii $E = \frac{n}{60} N \Phi$ depinde de vitesa n a rotorului în raport cu câmpul învârtitor, adică de valoarea alunecării.

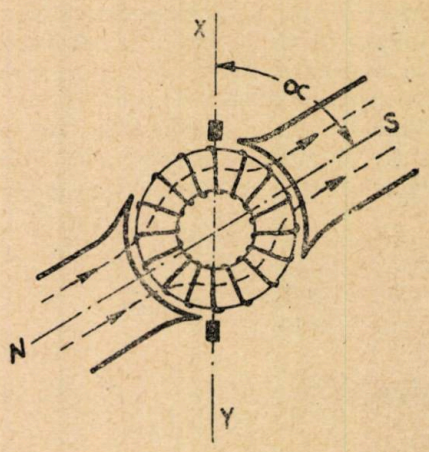


Fig. 2. Producerea forţei electromotoare alternative prin maşini cu colector.

MECANISMUL IMBUNĂTĂŢIRII FACTORULUI DE PUTERE LA MAŞINILE ASINCRONE, PRIN MONTAJUL IN CASCADĂ CU MAŞINI CU COLECTOR

Pentru a urmări mecanismul îmbunătăţirii factorului de putere la maşinile asincrone alimentate în rotor la o frecvenţă redusă, prin maşini cu colector, se poate considera că un motor asincron funcţionează, sub o anumită sarcină, cu un factor de putere cos φ' şi că în circuitul rotorului se aplică, prin intermediul inelelor colectoare, o tensiune U_r, reglabilă ca mărime, însă decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea forţei electromotoare induse în circuitul rotoric E'_2.

Să notăm cu I'_2, I'_1, E'_2 şi E'_1 valorile iniţiale ale curenţilor şi tensiunilor şi cu I_2, I_1, E_2 şi E_1 valorile finale care rezultă după aplicarea tensiunii U_r, considerând valorile curenţilor I_2, I'_2 şi I_μ reduse la circuitul primar.

Curentul iniţial în rotor I'_2 este în fază cu forţa electromotoare E'_2, dat fiind că reactanţa circuitului rotoric x_2 este neglijabilă, din cauză că frecvenţa curentului corespunzând alunecării este foarte redusă (fig. 3). După aplicarea tensiunei U_r, curentul I_2 care va rezulta, va fi în fază cu forţa electromotoare rezultantă $\bar{E}_r = \bar{E}_2 + \bar{U}_r$ şi va avea valoarea

$$I_2 = E_r / R_2 .$$

Considerând că cuplul rămâne constant, rezultă că componenta $I_2 \cos \varphi_2$ a curentului I_2, decalată cu $\frac{\pi}{2}$ în urma fluxului Φ, trebue să fie egală cu curentul I'_2.

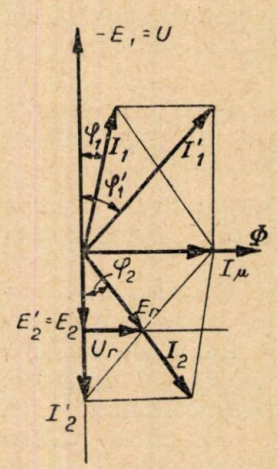


Fig. 3. Imbunătăţirea factorului de putere prin montajul în cascadă cu maşini cu colector.

Cum triunghiurile formate de vectorii E_r şi E_2 şi respectiv I_2 şi I'_2 sunt asemenea, rezultă că :

$$\frac{E_r}{I_2} = \frac{E_2}{I'_2} = R_2.$$

Cum pe de altă parte, în situaţia iniţială

$$\frac{E'_2}{I'_2} = R_2,$$

rezultă că în ipoteza că se neglijează variaţia rezistenţei circuitului rotoric prin introducerea în circuit a maşinii cu colector, forţa electromotoare E_2 va fi egală cu E'_2 şi, în concluzie, viteza motorului rămâne neschimbată.

Deoarece fluxul rezultant Φ şi curentul magnetizant al maşinii I_μ trebue să rămână constante, rezultă că şi curentul statoric va avea o nouă valoare I_1, determinată de relaţia $\bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \bar{I}_\mu$.

In consecinţă, unghiul de decalaj φ între tensiunea reţelei şi curentul I_1 va fi micşorat cu o valoare corespunzând unghiului φ_2 care rezultă din relaţia :

$$\text{tg } \varphi_2 = \frac{U_2}{E'_2}$$

astfel încât, factorul de putere se îmbunătăţeşte.

Pentru anumite valori ale tensiunii aplicate U_r, unghiul de decalaj din circuitul statoric poate deveni nul şi maşina poate fi complet compensată.

In cazul unor valori mai mari ale tensiunii aplicate U_r, decalajul poate deveni capacitiv, maşina fiind supracompensată. Puterea absorbită de motorul asincron dela reţea rămâne însă constantă, deoarece componenta activă a curentului statoric I_1 a rămas neschimbată.

In cazul când maşina merge în gol, fiind supracompensată, curentul statoric este decalat cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea tensiunii reţelei, astfel încât maşina se comportă ca un compensator sincron debitând putere reactivă.

Deoarece, prin montajul în cascadă cu maşini cu colector, se poate realiza, pe lângă îmbunătăţirea factorului de putere, şi reglajul de vitesă al motorului asincron, se consideră interesant de a se indica în mod sumar şi principiul acestui reglaj de viteză.

Pentru producerea unui cuplu motor având o anumită valoare corespunzătoare cuplului rezistent, circuitul rotoric al motorului asincron trebue să fie străbătut de un curent I'_2, perfect determinat, şi, în consecinţă, trebue ca în acest circuit să se inducă o forţă electromotoare de alunecare, deasemeni perfect determinată.

Cum forţa electromotoare E'_2 este proporţională cu alunecarea şi cum reactanţa rotorului este neglijabilă, diagrama de funcţionare a motorului este aceea indicată în fig. 4, în care factorii I_1 şi I_2 reprezintă curentul statoric şi rotoric şi curentul I_μ reprezintă curentul magnetizant de valoare constantă.

Dacă se consideră că se aplică în circuitul rotorului o tensiune U_r, furnizată de o maşină polifazată cu colector, care să aibă o valoare reglabilă şi care să fie în fază sau în opoziţie de fază cu forţa electromotoare secundară E'_2, curentul I'_2, corespunzător cuplului presupus constant, nu trebue să-şi schimbe valoarea.

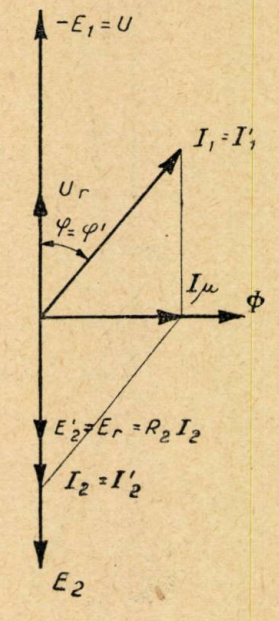


Fig. 4. Reglajul de viteză prin montajul în cascadă cu maşini cu colector.

In consecinţă, este necesar ca să se schimbe valoarea forţei electromotoare secundare E'_2, pentru ca forţa electromotoare E_r, rezultată în circuit $E_r = E_2 \pm U_r$, să rămână constantă.

Dacă se neglijează rezistenţa circuitului maşinii auxiliare de alimentare, valoarea curentului secundar este dată de relaţia

$$I_2 = \frac{E_r}{R_2} = \frac{E_2 \pm U_r}{R_2}.$$

Pentru ca curentul I_2 să rămână constant atunci când U_r variază, trebue ca forţa electromotoare E_2 — indusă prin alunecare de fluxul rezultant — să varieze şi ea în mod similar cu tensiunea U_r, ceeace nu se poate realiza decât prin variaţia alunecării şi, în consecinţă, prin variaţia vitezei.

In cazul când U_r este în opoziţie de fază cu E'_2, viteza motorului scade.

In cazul când U_r este în fază cu E'_2, viteza motorului creşte, devenind suprasincron. Dacă U_r este egal cu $R_2 I_2$, viteza motorului devine egală cu viteza de sincronism.

Când se urmăreşte ca să se obţină simultan cu îmbunătăţirea factorului de putere şi un reglaj de viteză, tensiunea aplicată la inelele maşinii asincrone trebue să aibă o valoare şi un decalaj aşa încât să poată fi descompusă în două componente : una în fază cu forţa electromotoare indusă în rotor, care să determine reglajul vitezei în condiţiunile dorite şi alta decalată cu $\frac{\pi}{2}$ în raport cu forţa electromotoare E'_2, care să determine îmbunătăţirea factorului de putere la valoarea dorită, în conformitate cu diagrama din fig. 5.

PRINCIPIUL MAŞINILOR CU COLECTOR UTILIZATE PENTRU IMBUNĂTĂŢIREA FACTORULUI DE PUTERE

Maşinile cu colector întrebuinţate pentru îmbunătăţirea factorului de putere sunt :

1. Compensatorul cu colector, denumit şi

excitatricea trifazată, care poate fi excitat în mai multe feluri : compensatorul cu excitaţie directă,

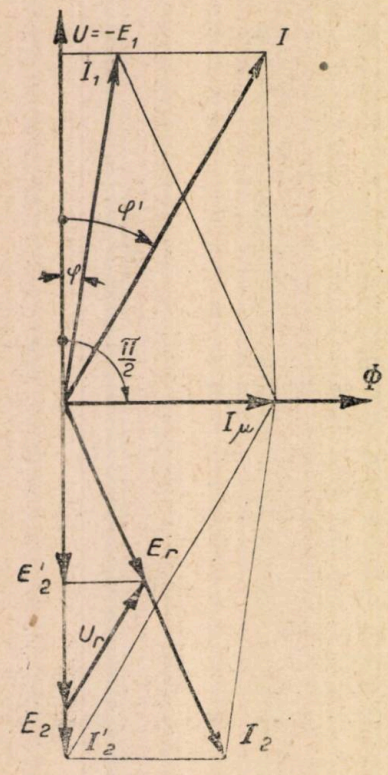


Fig. 5. Îmbunătăţirea factorului de putere simultan cu reglajul de viteză.

cu autoexcitaţie, cu excitaţie în serie şi cu excitaţie în derivaţie.

2. Convertizorul de frecvenţă.

3. Generatorul polifazat cu colector.

Un studiu detaliat al tuturor acestor maşini iese din cadrul prezentului articol, astfel încât se va face numai o descriere a principiului de funcţionare a maşinilor mai simple, dar mai caracteristice pentru îmbunătăţirea factorului de putere, şi anume : compensatorul cu colector cu excitaţie directă sau în derivaţie şi convertizorul de frecvenţă.

Compensatorul cu colector cu excitaţie proprie este o maşină constituită dintr'un rotor cu colector identic cu al unei maşini de curent continuu cu un sistem de perii trifazate şi dintr'un stator care nu este prevăzut cu bobinaje, servind numai pentru a permite închiderea circuitului magnetic al fluxului produs de bobinajul rotoric (fig. 6). Din această cauză, statorul compensa-.

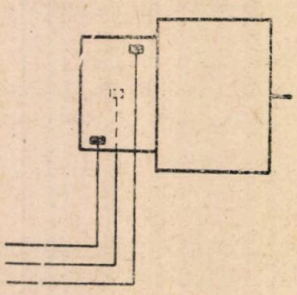


Fig. 6. Compensatorul cu colector cu excitaţie directă

torului cu colector poate fi complet suprimat. In acest caz, rotorul se execută cu un diametru mai mare, aşa încât să includă şi coroana statorului, iar bobinajul său este montat în crestături, care sunt complet închise (fig. 7).

Fluxul de excitaţie produs de rotor se închide prin coroana rămasă între periferia rotorului şi crestături.

Colectorul este prevăzut cu un sistem de perii trifazate, decalate la 120°, care sunt legate la inelele colectoare ale maşinii asincrone, cu care compensatorul este montat în cascadă.

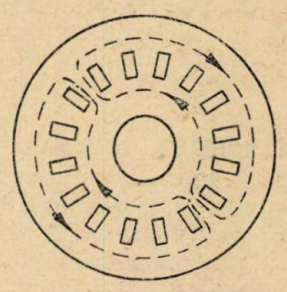


Fig. 7. Tola rotorului compensatorului cu excitaţie directă, fără stator.

Rotorul compensatorului cu colector este antrenat fie de un motor auxiliar, fie de însuşi motorul asincron, cu o viteză care poate să varieze între anumite limite.

Principiul de funcţionare a compensatorului cu colector cu excitaţie proprie este bazat pe următoarele consideraţiuni : curenţii trifazaţi din circuitul rotoric al maşinii asincrone, având frecvenţa $s\,f$ a alunecării, închizându-se prin rotorul compensatorului cu colector, produc în acesta un câmp învârtitor având o viteză de rotaţie în raport cu spaţiul $n = \frac{60\,f\,s}{p}$, independentă de viteza rotorului. Valoarea acestei viteze pentru o frecvenţă f=50 Hz şi pentru o alunecare s=2% pentru un număr de perechi de poli p=3, ar fi foarte redusă şi anume, de circa 20 rot/min.

Dacă rotorul compensatorului stă pe loc, câmpul învârtitor produs are aceeaşi viteză şi faţă de bobinajul rotoric al compensatorului, aşa încât se induce în acest bobinaj o forţă electromotoare de frecvenţa alunecării $s\,f$, corespunzând vitezei câmpului învârtitor în raport cu periile fixe.

Această forţă electromotoare este decalată cu $\frac{\pi}{2}$ în urma curentului care străbate circuitul rotoric al compensatorului şi al maşinii asincrone.

In consecinţă, cât timp rotorul stă pe loc, compensatorul trifazat se comportă ca o inductanţă montată în serie cu rotorul maşinii asincrone.

Dacă rotorul compensatorului este antrenat în acelaşi sens cu câmpul învârtitor, viteza de rotaţie a câmpului învârtitor faţă de rotor se micşorează şi atunci când viteza rotorului ajunge egală cu câmpul învârtitor, bobinajele rotorului nu mai sunt tăiate de flux şi nu mai sunt sediul unei forţe electromotoare induse. In acest caz, compensatorul se comportă ca o simplă rezistenţă ohmică, conectată la inelele motorului asincron.

Dacă rotorul este antrenat în acelaşi sens cu câmpul învârtitor şi cu o viteză mai mare decât a câmpului învârtitor, adică în regim suprasincron, în bobinajul compensatorului se induce din

nou o forţă electromotoare, însă de sens contrar cu aceea corespunzătoare regimului subsincron, deoarece, în noua situaţie, viteza fluxului învârtitor, în raport cu bobinajul rotoric, a schimbat de sens. In consecinţă, rotorul cu colector al excitatricei trifazate, funcţionând în regim suprasincron, determină producerea în acest bobinaj a unei forţe electromotoare de aceeaşi frecvenţă cu a curentului din circuitul rotoric al motorului asincron, dar decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea acestui curent, astfel încât se comportă ca o reactanţă capacitivă.

Cum forţa electromotoare de alunecare a motorului asincron la valorile reduse ale alunecării se poate considera în fază cu curentul, rezultă că forţa electromotoare a compensatorului cu colector aplicată la inele va fi decalată cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea forţei electromotoare din rotorul motorului asincron, realizându-se astfel condiţia necesară pentru compensarea factorului de putere.

In fig. 8 este reprezentat montajul în cascadă al unui motor asincron cu un compensator cu colector antrenat de un motor auxiliar.

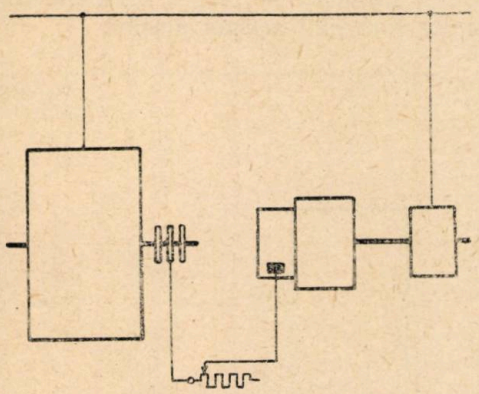


Fig. 8. Montajul în cascadă al unui motor asincron cu un compensator în colector.

Deoarece fluxul inductor al compensatorului cu colector este produs de însuşi curentul din circuitul rotoric al maşinii asincrone, la mersul în gol al motorului asincron curentul rotoric este foarte redus, aşa încât valoarea fluxului compensatorului este deasemeni foarte redusă, micşorând efectul de îmbunătăţire al factorului de putere.

Pentru a remedia în parte acest lucru, compensatorul cu colector se dimensionează aşa încât la funcţionarea normală să lucreze în regim de saturaţie magnetică foarte avansată.

In cazul când curentul de excitaţie din circuitul rotoric al motorului asincron scade, valoarea fluxului scade într'o măsură mai mică şi, în consecinţă, efectul compensator se reduce mai puţin la funcţionarea în gol.

Compensatorul cu colector cu excitaţie în derivaţie este prevăzut cu un stator echipat cu un bobinaj de excitaţie montat în derivaţie cu circuitul rotoric şi conţinând un reostat de reglaj al curentului de excitaţie (fig. 9).

Compensatorul cu colector cu excitaţie în derivaţie funcţionează în aceleaşi condiţiuni ca şi compensatorul cu excitaţie directă, dar, datorită excitaţiei în derivaţie care este mai puţin influenţată de valoarea curentului din circuitul roto-

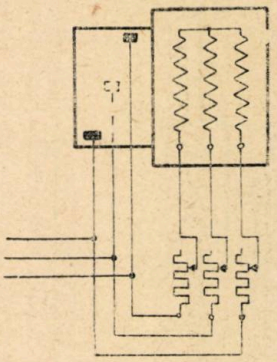


Fig. 9. Compensator cu colector cu excitaţie în derivaţie

rului motorului asincron, compensarea factorului de putere se face în condiţiuni mai bune şi la sarcini reduse. Deasemeni, comutaţia este simţitor îmbunătăţită.

CONVERTIZORUL DE FRECVENŢĂ

Convertizorul de frecvenţă este o maşină constituită dintr'un stator şi un rotor, care este prevăzut, în afară de colector, cu încă 3 inele colectoare (fig. 10).

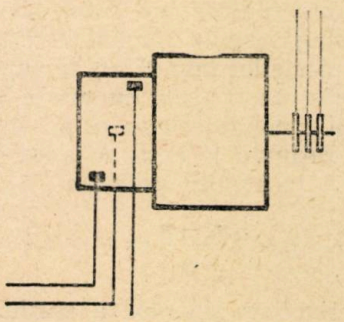


Fig. 10. Convertizor de frecvenţă necompensat.

Statorul poate fi executat fie fără bobinaj (convertizor de frecvenţă necompensat, fig. 10), fie cu un bobinaj legat în serie cu periile colectorului, servind ca bobinaj de compensaţie (convertizor de frecvenţă compensat, fig. 11).

Bobinajele colectorului şi acele ale inelelor se pot executa fie separat în aceleaşi crestături, fie asociate într'un singur bobinaj, ca la comutatatrice.

Colectorul este prevăzut cu trei perii decalate la 120°, care sunt legate la inelele rotorului maşinii asincrone.

Inelele colectorului sunt legate la reţea prin intermediul unui transformator reglabil, astfel încât convertizorul este alimentat cu o tensiune variabilă, având frecvenţa reţelei.

Rotorul convertizorului de frecvenţă este antrenat în mod normal de motorul asincron, fiind cuplat direct la rotorul acestui motor. In acest caz, trebue să aibă un număr de poli egal cu al maşinii asincrone.

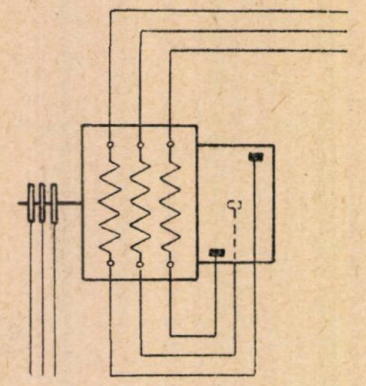


Fig. 11. Convertizor de frecvenţă compensat.

Rotorul fiind alimentat cu curent de frecvenţa reţelei, va produce un câmp învârtitor, care va avea o viteză dată de relaţia $n = \frac{60\,f}{p}$, în care p reprezintă numărul perechilor de poli ai convertizorului. Acest câmp învârtitor induce în bobinele rotorului forţe electromotoare, care vor avea o frecvenţă egală cu frecvenţa reţelei.

Tensiunea obţinută însă la periile colectorului va avea o frecvenţă f_0, care va depinde de viteza rezultantă a câmpului învârtitor în raport cu periile.

Cum rotorul este învârtit de motorul asincron cu viteza corespunzătoare rotorului acestui motor, în acelaşi sens cu câmpul învârtitor, rezultă că viteza câmpului învârtitor, în raport cu bobinajul rotoric, va fi egală cu viteza de alunecare a rotorului maşinii asincrone şi, în consecinţă, tensiunea obţinută la perii va avea frecvenţa de alunecare a motorului asincron :

$$f_0 = f\,\frac{n_0 - n}{n_0} = sf = f_2 .$$

La funcţionarea sincronă a maşinii asincrone, frecvenţa de alunecare se anulează şi convertizorul de frecvenţă produce la perii curent continuu, ca şi o comutatrice.

Convertizorul de frecvenţă este folosit în montajele în cascadă cu maşini asincrone pentru a produce la colector o tensiune de frecvenţa alunecării, care, fiind aplicată în circuitul rotoric al maşinilor asincrone prin intermediul inelelor colectoare, se compune cu forţa electromotoare de alunecare, fie în vederea îmbunătăţirii factorului de putere fie în vederea reglajului de viteză, după unghiul de decalaj pe care îl face cu forţa electromotoare de alunecare din rotorul maşinii asincrone.

Decalajul tensiunii convertizorului în raport cu forţa electromotoare de alunecare din rotorul maşinii asincrone poate fi reglat prin 3 mijloace : *a*) prin decalajul periilor pe colector ; *b*) prin decalarea tensiunii de alimentare a convertizorului în raport cu tensiunea motorului asincron, realizată printr'un decalator de fază ; *c*) prin schimbarea calajului dintre motorul asincron şi convertizorul de frecvenţă.

Din cele arătate mai sus, se constată că compensatorul cu colector produce singur puterea reactivă necesară pentru alimentarea circuitului rotoric al maşinii asincrone, în vederea îmbunătăţirii factorului de putere, fără a avea nevoie de o excitaţie în curent continuu ca în cazul maşinilor sincrone.

Dimpotrivă, se constată că convertizorul de frecvenţă nu produce această putere, ci o primeşte dela reţeaua de alimentare a motorului asincron, transformând-o dela frecvenţa reţelei la frecvenţa de alunecare, fără ca valoarea acestei puteri reactive să fie influenţată de această schimbare de frecvenţă.

Convertizorul de frecvenţă, servind şi pentru variaţia alunecării şi deci a vitezei motorului asincron, absoarbe puterea electrică reală corespunzătoare alunecării, în cazul funcţionării motorului asincron la viteze reduse subsincrone şi o transmite reţelei. Deasemeni, absoarbe dela reţea puterea electrică reală necesară funcţionării motorului asincron la viteze suprasincrone şi o transmite rotorului acestei maşini.

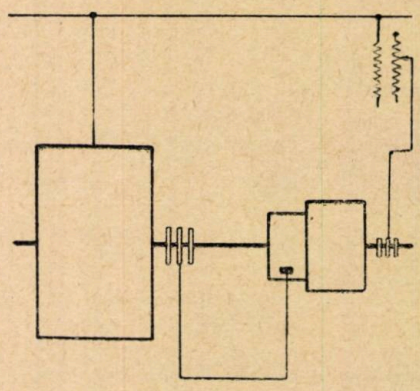


Fig. 12. Montajul convertizorului de frecvenţă în cascadă cu maşina asincronă.

In fig. 12 este reprezentat un motor asincron montat în cascadă cu un convertizor de frecvenţă antrenat direct de motorul asincron şi alimentat de la reţea printr'un transformator cu prize reglabile.

CONSIDERAŢIUNI ASUPRA CONSERVĂRII PUTERII REACTIVE, IN CAZUL IMBUNĂTĂŢIRII FACTORULUI DE PUTERE PRIN MAŞINI CU COLECTOR

Principiul conservării puterii reactive poate fi pus în evidenţă şi demonstrat în cazul reţelelor electrice în care există o conexiune directă între diferitele circuite şi poate fi extins şi în cazul în care transmisiunea puterilor este făcută dela un circuit la altul prin transformare statică, cu condiţia de a lua în consideraţie şi puterea reactivă absorbită pentru magnetizarea circuitelor magnetice ale transformatorilor.

In cazul însă când transmisiunea se face prin intermediul unor maşini rotative, la care intervin

forţe electromotoare de rotaţie, care introduc o schimbare de frecvenţă depinzând de alunecare sau de viteza de rotaţie, principiul conservării puterii reactive nu se mai poate aplica.

Intr'adevăr, elementul invariant în acest caz nu mai este puterea reactivă şi nici chiar puterea instantanee, deoarece acestea variază cu frecvenţa dela circuitul primar la cel secundar.

Elementul invariant în acest caz este valoarea energiei înmagazinată în câmpul magnetic :

$$W = \tfrac{1}{2} L I^2.$$

După frecvenţa cu care oscilează această energie, variază şi puterea reactivă.

Această constatare explică atât variaţia puterii reactive în transmisiunea prin alunecare în cazul maşinilor asincrone, cât şi producerea puterii reactive prin maşini sincrone, care, fiind excitate cu curent continuu pot fi considerate ca o transmisiune asincronă, la care curentul de alimentare are frecvenţa nulă şi deci la care puterea reactivă de alimentare este nulă.

Deasemeni, această constatare explică dece convertizorul de frecvenţă transformă puterea reactivă dela o frecvenţă la alta, fără să introducă o variaţie a valorii puterii reactive.

Intr'adevăr, frecvenţa obţinută prin mişcarea de rotaţie în rotorul convertizorului este aceeaşi ca şi a reţelei de alimentare, schimbarea frecvenţei la valoarea redusă obţinută la perii făcându-se prin intermediul colectorului. Colectorul nu reprezintă însă decât un comutator de conexiuni, căruia i se poate aplica principiul conservării puterii reactive, ca la orice alte conexiuni dintr'o reţea, astfel încât, în mod natural, puterea reactivă nu este schimbată prin schimbarea de frecvenţă obţinută pe această cale, fără intervenţia unei alunecări.

Deasemeni, pe această cale se explică funcţionarea maşinilor cu colector la un factor de putere $\cos \varphi = 1$ şi chiar în regim de funcţionare capacitiv producând puteri reactive, fără a avea o excitaţie în curent continuu pentru producerea câmpului magnetic. Mecanismul funcţionării în aceste condiţiuni se bazează pe următorul principiu :

Motoarele cu colector primesc dela reţea, pentru magnetizarea circuitului magnetic o putere reactivă de valoare redusă, deoarece ea este transformată la frecvenţa de alunecare prin intermediul colectorului. Maşina transformă o parte din puterea reactivă absorbită, amplificând-o prin inducţia produsă pe bază de alunecare şi o restituie reţelei, compensând puterea reactivă primită şi chiar funcţionând în regim capacitiv, adică producând puterea reactivă.

MOTOARELE ASINCRONE COMPENSATE

Motoarele asincrone compensate sunt motoare cu colector derivaţie, folosite pentru îmbunătăţirea factorului de putere, putând fi alimentate fie prin stator, fie prin rotor. Ele realizează într'o singură maşină, montajul în cascadă între o maşină asincronă şi una cu colector polifazată. Ele nu se deosebesc de motoarele asincrone obişnuite decât numai prin prezenţa colectorului şi a factorului de putere mai bun, celelalte caracteristice rămânând aceleaşi.

In cazul motoarelor asincrone compensate cu alimentare prin stator, pentru ca colectorul să aibă dimensiuni mai mici, rotorul poate fi prevăzut cu două bobinaje distincte (fig. 13) : un bobinaj principal, executat cu inele sau în colivie şi un al doilea bobinaj auxiliar de excitaţie cu colector şi perii fixe, alimentate fie prin prizele bobinajului statoric, fie direct dela reţea printr'un transformator. Câmpul învârtitor rezultant al motorului asincron induce forţe electromotoare în amândouă bobinajele rotorului. Bobinajul principal se comportă ca un bobinaj obişnuit de motor asincron, determinând — împreună cu câmpul învârtitor — cuplul motor.

Prin aplicarea tensiunii la periile colectorului, curentul din bobinajul auxiliar poate să aibă, la o anumită poziţie a periilor, un decalaj de $\frac{\pi}{2}$ înaintea curentului din bobinajul principal.

Datorită acestui fapt, câmpul produs de bobinajul principal este aproximativ în fază cu câmpul

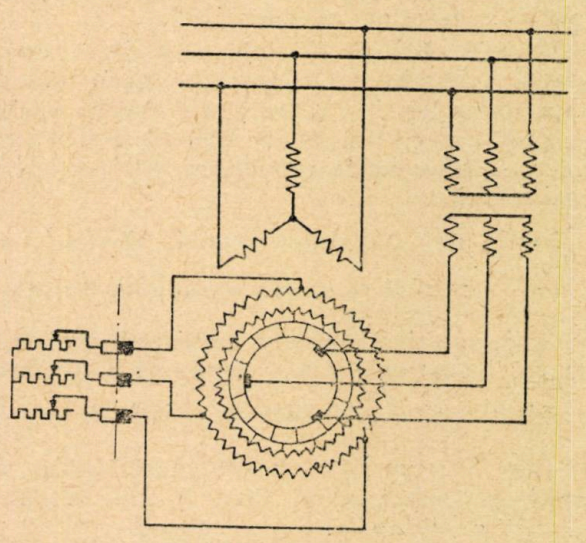


Fig. 13. Motorul asincron compensat cu alimentare prin stator.

rezultant al motorului, astfel încât magnetizarea circuitului magnetic este realizată prin câmpul produs de bobinajul auxiliar, descărcându-se statorul de producerea acestui câmp şi îmbunătăţindu-se astfel factorul de putere.

Motorul se deosebeşte de motorul obişnuit cu colector derivaţie prin aceea că colectorul, fiind parcurs numai de curentul magnetizant, poate să aibă dimensiuni mai reduse. Pentru a se evita producerea scânteilor la colector în momentul pornirii, este necesar să se deconecteze legăturile colectorului la reţea.

Bobinajul principal şi bobinajul auxiliar pot fi contopite şi într'un singur bobinaj, maşina fiind în acest caz identică cu motorul cu colector derivaţie, dar colectorul trebue să aibă dimensiuni mai mari, deoarece periile sunt parcurse de întreg curentul rotoric.

CONSIDERENTE PRACTICE PRIVIND UTILIZAREA MOTOARELOR ASINCRONE COMPENSATE ŞI A MONTAJELOR IN CASCADA PENTRU IMBUNĂTĂŢIREA FACTORULUI DE PUTERE

Stabilirea domeniului de aplicaţie a maşinilor cu colector pentru îmbunătăţirea factorului de putere, fie sub formă de motoare asincrone compensate, fie sub formă de montaj în cascadă cu motoare asincrone, prezintă mari dificultăţi deoarece depinde de o serie de factori economici a căror valoare este foarte greu de stabilit. Printre aceşti factori trebue considerat în primul rând costul maşinilor cu colector în comparaţie cu costul celorlalte mijloace de îmbunătăţire a factorilor de putere, cum sunt condensatorii statici, maşinile sincrone şi maşinile asincrone sincronizate.

In lipsa acestor elemente cu caracter practic se vor putea face totuşi unele consideraţii generale asupra caracteristicilor care pot influenţa în favoarea unora sau altora din aceste mijloace de îmbunătăţire a factorului de putere.

In primul rând trebuie observat că condensatorii statici reprezintă soluţia cea mai simplă în special în cazul puterilor mai mici.

Pe măsură însă ce puterea reactivă cerută creşte, avantajul condensatorilor scade, deoarece capacitatea lor şi în consecinţă costul lor variază proporţional cu puterea, în timp ce costul maşinilor electrice creşte cu puterea într'o proporţie mai redusă.

Pe de altă parte din expresia $Q=C\omega U^2$ sau $C=\frac{Q}{\omega U^2}$, rezultă că pentru o anumită valoare a puterii reactive, valoarea capacităţii variază în raport invers cu pătratul tensiunei. Capacitatea condensatorilor este dată de relaţia $C=\frac{S}{4\pi\delta}$ în care S reprezintă suprafaţa armăturilor şi δ grosimea dielectricului. Cum $\delta=kU$, rezultă că $C=\frac{S}{4\pi kU}=\frac{Q}{\omega U^2}$ şi deci $S=\frac{4\pi kQ}{\omega U}$. Cum preţul de cost al condensatorilor este aproape proporţional cu suprafaţa armăturilor şi variază foarte puţin cu grosimea dielectricului, rezultă că utilizarea condensatorilor este mult mai avantajoasă în reţelele de tensiune mai înaltă, 6 000 V sau 1 000 V, şi mai puţin avantajoasă în reţelele de tensiune joasă 500 V, 380 V şi în special 208 V.

In consecinţă pentru maşinile de putere mai mare funcţionând în reţele de joasă tensiune, îmbunătăţirea factorului de putere poate să devină mai economică prin maşini electrice decât prin condensatori.

In ceiace priveşte utilizarea maşinilor sincrone, ea este avantajoasă numai pentru puteri mari în cazul funcţionării la tensiunea de 6 kV în centrale sau în staţii de transformare în vederea îmbunătăţirii în ansamblu a factorului de putere pentru un întreg centru de utilizare.

In cazul când se pune problema îmbunătăţirii factorului de putere la motoare individuale în reţele de joasă tensiune, este preferabilă soluţia motoarelor asincrone sincronizate sau compensate, sau a montajului în cascadă cu maşini cu colector, deoarece puterea maşinilor necesare pentru producerea puterii reactive, corespunzând numai excitatricelor de curent continuu sau de curent alternativ cu colector, reprezintă numai un procent redus din puterea reactivă necesară, în timp ce soluţia motoarelor sincrone conduce la o putere a maşinilor egală cu întreaga putere reactivă.

In ceiace priveşte alegerea între maşinile asincrone sincronizate şi maşinile asincrone montate în cascadă cu maşini cu colector, problema prezintă dificultăţi deoarece amândouă aceste soluţii sunt apropiate, reprezentând utilizarea unei excitatrice de curent continuu sau respectiv de curent alternativ cu colector, pe lângă un motor asincron cu inele, existent.

In principiu soluţia motoarelor asincrone sincronizate prezintă desavantajul de a transforma maşina asincronă într'o maşină sincronă având o construcţie de maşină asincronă. Din cauza întrefierului redus maşina asincronă este influenţată foarte mult de sarcină prin reacţiunea magnetică a circuitului secundar.

In cazul funcţionării în regim de asincron amperspirele statorice sunt în fiecare moment compensate de amperspirele rotorice variabile în mod automat prin mecanismul alunecării variabile.

In cazul funcţionării în regim sincron această compensare nu poate fi făcută în bune condiţiuni, deoarece excitaţia este constantă. Dacă se adoptă o excitaţie mai mare corespunzând funcţionării la plină sarcină şi la cos $\varphi=1$, la sarcini reduse maşina funcţionează în regim capacitiv cu un factor de putere redus. Dacă se adoptă o excitaţie redusă se micşorează cuplul de desprindere la care maşina iese din sincronism şi compensarea factorului de putere nu se mai face.

Dimpotrivă, prin montajul în cascadă cu maşini cu colector, motoarele asincrone pot fi compensate în condiţii optime, păstrându-şi caracterul de maşini asincrone din punctul de vedere al variaţiei de sarcină.

In consecinţă, alegerea între aceste două soluţii trebuie să fie făcută în fiecare caz în parte ţinând seama de caracteristicile sarcinei.

In ceiace priveşte alegerea între motoarele asincrone compensate şi montajul în cascadă cu maşini cu colector se face constatarea că la instalaţii noi pentru puteri mici soluţia motoarelor compensate poate să fie mai avantajoasă. Pentru puteri mari şi în special pentru instalaţii existente cuprinzând motoare asincrone cu inele, complectarea lor cu maşini cu colector montate în cascadă constitue soluţia cea mai raţională.

In toate cazurile în care pe lângă problema îmbunătăţirii factorului de putere se pune şi problema realizării unui reglaj de viteză în condiţii economice, soluţia montajului în cascadă cu maşini cu colector, este cea mai indicată.

Aplicarea în practică a acestor principii depinde însă de posibilităţile de fabricaţie ale maşinilor cu colector servind ca excitatrice.

Bibliografie

Budeanu I. C., Antoniu I. S., Niculescu D., Vasiliu A.: Problema factorului de putere la instalaţiile electrice din R.P.R., în special la instalaţiile de petrol. Electricitatea, I (1950).

Budeanu C.: Aspecte tehnice ale fenomenelor reactive şi deformate. Eletricitatea 2, şi 3 (1951).

Piotrovski: Maşini electrice. Editura de Stat pentru energie. Moscova, 1949.

Kostenko: Maşini electrice. Editura de Stat pentru energie. Moscova, 1949.

★

УЛУЧШЕНИЕ ФАКТОРА МОЩНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ КОЛЛЕКТОРНОЙ МАШИНЫ

Резюме

Рассматривается механизм улучшения фактора мощности посредством питания асинхронных двигателей возбужденным током скользящей частоты. Указывается принцип работы коллекторных многофазных машин, служащих в этом случае возбудителями.

Статья заканчивается кратким рассмотрением сравнения, с практической точки зрения, различных способов улучшения фактора мощности.

★

PREDETERMINAREA CARACTERISTICELOR GENERATOARELOR DE CURENT CONTINUU CU EXCITAŢIE SEPARATĂ PRINTR'O INCERCARE IN GOL ŞI UNA IN SCURT-CIRCUIT

Ing. A. FRANSUA

Autorul articolului reia o metodă cunoscută de mult timp de predeterminarea caracteristicelor generatorului de curent continuu cu excitaţie separată. Metoda, analogă celor folosite la maşinile de curent alternativ, se bazează pe două ridicări la platformă: caracteristica de gol şi cea de scurt circuit. Se expune apoi modul de predeterminare a caracteristicilor de sarcină, externă şi de reglaj.

La generatoarele de curent alternativ se întrebuinţează cu deosebit succes, pentru predeterminarea caracteristicilor de sarcină ale maşinei, încercarea în gol şi încercarea în scurt circuit, ambele necesitând o mică consumaţie de energie. Există şi pentru maşinile de curent continuu o metodă analoagă, cunoscută mult timp, servind în acelaşi scop şi utilizând aceleaşi încercări. Cum în ultimul timp maşinile de curent continuu au luat o mare desvoltare din cauza avantajelor ce le prezintă în problema reglajului, găsim că această metodă poate avea o aplicaţie curentă. De altfel ea este consacrată recent de prof. L. M. Piotrovschi în lucrarea sa „Maşini Electrice", Moscova, 1949.

Vom arăta cum se poate predetermina caracteristicile în sarcină, reglaj şi externă la generatorul cu excitaţie separată, prin această metodă.

Făcând o încercare în gol şi una în scurt circuit direct între borne printr'un ampermetru, la viteza nominală, se trasează curbele $E=f\,(i_e)$ şi $I_{sc}=f(i_e)$ pe o aceeaşi diagramă.

Notând cu R_A rezistenţa circuitului, inclusiv rezistenţa polilor auxiliari şi a periilor, şi neglijând în primă aproximaţie reacţiunea indusului, pentru ca în funcţionarea în scurt circuit generatorul să debiteze curentul $I_{nsc} = I_{nominal}$, îi trebue o anumită excitaţie i_{esc}, căruia îi corespunde o f.e.m. $E_{sc} = R_A \cdot I_{nsc}$.

Dar înfăşurarea indusului fiind parcursă de curent va produce un flux de reacţiune, care va micşora în consecinţă f.e.m. In această ipoteză, la funcţionarea în scurt circuit, pentru aavea acelaşi curent I_{nsc}, ne va trebui o excitaţie mai mare i_{esc}.

Surplusul de excitaţie $i_{asc} = i'_{esc} - i_{esc}$ este deci necesar pentru a contrabalansa reacţiunea indusului.

Prin urmare, în triunghiul XYZ, construit aşa cum arată fig. 1, latura $YZ=R_A \cdot I$ dă căderea ohmică în maşină la sarcina nominală, iar latura $XY=i_{asc}$ ţine seama de reacţiunea indusului corespunzător tot sarcinii nominale. Laturile triunghiului sunt proporţionale cu sarcina maşinei, dacă se face abstracţie de saturaţia ferului.

Cunoscând caracteristica în gol şi triunghiul XYZ, denumit triunghiul de scurt-circuit, se pot determina toate celelalte caracteristici ale generatorului cu excitaţie separată.

Caracteristica în sarcină: $U=f\,(i_e)$ pentru curentul $I = I_{nominal}$ şi viteza nominală. La o anumită excitaţie dată OA (fig. 2) se aşează triunghiul de scurt-circuit cu latura YZ peste dreapta AB paralelă cu axa ordonatelor şi cu vârful X pe curba $E=f\,(i_e)$. In acest caz vârful Z al triunghiului de scurt-circuit este un punct al caracteristicei în sarcină. Intr'adevăr, la excitaţia OA ar trebui să corespundă f.e.m. AB, dar din cauza reacţiunii indusului, f.e.m. este micşorată

la valoarea aX, din care dacă scădem căderea de tensiune ohmică $R_A \cdot I_n = YZ$ găsim chiar tensiunea la borne U. Plimbând triunghiul de scurt-

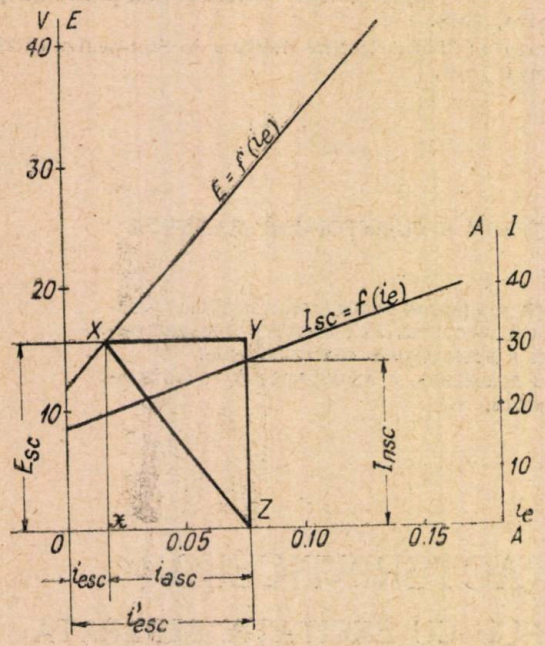


Fig. 1. Construcţia triunghiului de scurt-circuit.

circuit XYZ paralel cu sine însuşi şi cu vârful X mereu pe caracteristica în gol, se determină întreaga caracteristică în sarcină.

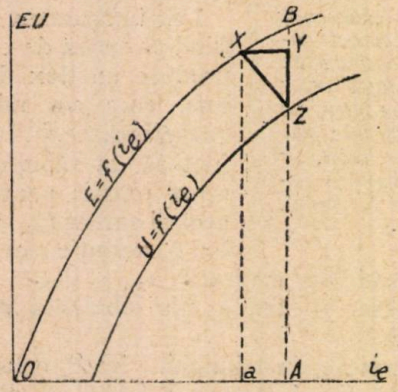


Fig. 2. Predeterminarea caracteristicii în sarcină.

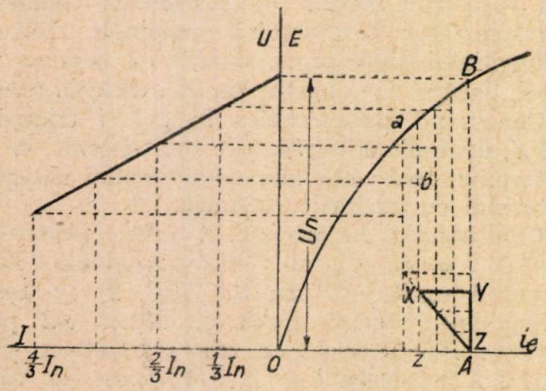


Fig. 3. Predeterminarea caracteristicei externe.

Caracteristica externă: H=f (I) pentru viteza nominală şi excitaţia $i_e = OA$, care la mersul în gol dă f.e.m. $E = U_{nominal}$ (fig. 3). Aşezăm triunghiul de scurt-circuit XYZ cu latura YZ peste dreapta AB paralelă cu axa ordonatelor şi cu vârful Z în punctul A pe axa absciselor. Impărţim laturile triunghiului în părţi proporţionale cu sarcina ($^1/_3\ I_n$, $^2/_3\ I_n$, I_n, etc.).

Să aflăm tensiunea la borne U corespunzătoare curentului $I_{nominal}$. Ducem dreapta sa paralelă cu AB trecând prin vârful Y al triunghiului de scurt-circuit şi din punctul a de pe caracteristica în gol luăm în jos segmentul $ab = Xz = YZ = R_A \cdot I_n$. Ordonata bz ne dă tensiunea la borne la sarcina considerată. Intr'adevăr, din cauza reacţiunii indusului, la excitaţia OA corespunde f.e.m. az, din care trebue să scădem căderea de tensiune $R_A \cdot I_n$ pentru a afla tensiunea la borne. Se repetă construcţia pentru diferite puncte ale caracteristicei externe, aşa cum indică fig. 3.

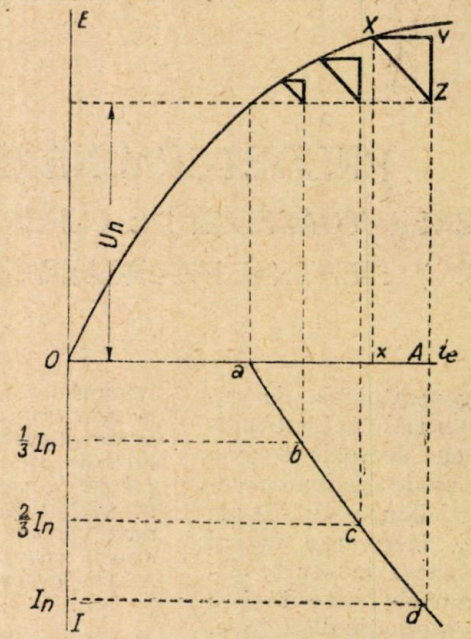


Fig. 4. Predeterminarea caracteristicei reglajului.

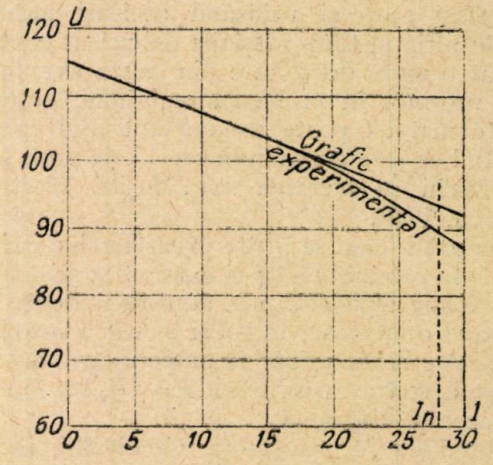


Fig. 5. Comparaţie între caracteristica externă ridicată experimental şi cea predeterminată pentru un generator de 4,5 CP; 115 V; 1500 rot/min.

Caracteristica reglajului: i_e = f (I) pentru $U = U_{nominal}$ şi viteza nominală. Triunghiul de scurt circuit corespunzător unor anumite sarcini

($^1/_3\ I_n$, $^2/_3\ I_n$, I_n, etc.) se aşează cu vârful X pe caracteristica în gol şi cu vârful Z pe ordonata $E = U_{nominal}$. Prelungind latura YZ a triunghiului aflăm la intersecţia cu axa absciselor excitaţia corespunzătoare sarcinii luate. Repetând construcţia pentru alte sarcini găsim curba căutată. Intr'adevăr, dacă adăugăm la tensiunea la borne U căderea de tensiune ohmică $R_A \cdot I$, găsim f.e.m. xX, căreia îi corespunde pe caracteristica în gol o excitaţie OX. In realitate excitaţia maşinii trebue mărită la valoarea OA, pentru a putea învinge reacţiunea indusului.

Urmărind să găsim eroarea metodei, am construit în fig. 1 triunghiul de scurt circuit XYZ pentru curentul nominal la un generator de 4,5 CP ; 115 V ; 28,7 A ; 1500 rot/min. In fig. 5 am construit spre comparare, pe aceeaşi diagramă, caracteristica externă obţinută pe cale experimentală şi cea predeterminată prin metoda de mai sus la acelaşi generator. Se vede că dela $^2/_3\ I_n$ cele două curbe nu mai coincid, din cauză că nu s'a ţinut seama de saturaţia ferului. Eroarea este însă mai mică de 4% la plină sarcină.

Bibliografie

Piotrovschi M. L. : Maşini electrice. Gosenergoizdat, 1949.
Piotrovschi M. L. : Incercările maşinilor electrice. Vol. I. Gosenergoizdat, 1950.

★

ПРЕДОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ПОСРЕДСТВОМ ИСПЫТАНИЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ И НА КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Резюме

Автор статьи снова рассматривает давно известный метод предопределения характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Метод аналогичный тем которые применяются на машинах переменного тока, основывается на двух определениях, характеристики холостого хода и короткого замыкания. Затем излагается метод предопределения характеристик внешней и регулирующей нагрузки.

★

MICROFONUL CONDENSATOR MODULATOR

ŞI APLICAŢIILE SALE IN DOMENIUL REPRODUCERII SUNETULUI PE CALE ELECTRICĂ ŞI AL MĂSURILOR ELECTRO-ACUSTICE

Prof. dr. ing. M. MARINESCU
Membru corespondent al Academiei R. P. R.

Se descrie principiul de funcţionare şi de construcţie al unui microfon condensator în montaj de înaltă frecvenţă, în care bateria de alimentare în curent continuu este înlocuită cu un oscilator de înaltă frecvenţă. Proiectarea şi realizarea acestui microfon s'a făcut de un colectiv în cadrul Institutului de Metrologie. Printre avantajele acestui sistem faţă de montajul obişnuit citäm : eliminarea sursei de curent continuu, sporirea amplificării cu factorul „Q" (ascuţimea de rezonanţă a circuitului), eliminarea sgomotului de origine internă. Se indică aplicaţiile în exploatare şi în domeniul măsurilor electroacustice.

Desvoltarea industrială a ţării necesită introducerea tehnicei celei mai înaintate în toate sectoarele producţiei.

Punerea în valoare a acestei tehnici trebue să se facă în paralel cu desvoltarea metodelor de măsură şi a aparaturii necesare „controlului" şi „verificării" calităţii produselor.

In sectorul acusticei tehnice şi electro-acusticei, ţara noastră a fost, în trecutul apropiat, tributara firmelor străine.

Astfel, microfoanele de radio, difuzoarele, aparatele de înregistrare şi reproducere sonoră, etc., se importau.

Incercările răsleţe care s'au făcut în acea perioadă, de a se construi şi la noi asemenea aparate, au rămas fără urmare, din cauza dificultăţilor tehnice şi a indiferenţei totale, cu care erau privite de forurile de conducere, asemenea tentative.

Astăzi, Planul de Stat prevede în acest sector, fabricarea în ţară a aparaturii corespunzătoare.

Pentruca industria indigenă să realizeze produse de calitate va trebui ca paralel cu punerea la punct a fabricării, să se desvolte şi tehnica măsurărilor în sectorul electro-acusticei şi a acusticei tehnice.

Pentru a ilustra şi concretiza afirmaţiile noastre, se va da ca exemplu construcţia de microfoane de calitate, necesare pentru posturile de radioficare şi pentru alte aplicaţii ale reproducerii sonore pe cale electrică.

Specialiştii în materie cunosc prea bine dificultăţile ivite în calea acestei fabricaţii şi care provin în mare parte din aceea că nu se controlează suficient, cu toată precizia necesară calităţile de transmisie a microfoanelor fabricate.

Când se va ajunge a se putea face, cu toată rigoarea necesară, aceste măsuri obiective, a calităţilor de transmisie a acestor aparate, se va putea perfecţiona şi pune la punct metodele juste de proiectare şi fabricaţie, se va putea aprecia dacă modificările succesive aduse prototipurilor pot constitui un progres sau un regres.

Primul pas făcut în direcţia măsurătorilor obiective în electro-acustică este acela de a se proiecta, a construi şi calibra un microfon etalon — care să poată servi atât la măsurători absolute de presiune şi intensitate sonoră, la stabilirea etaloanelor de secundare, cât şi ca prototip pentru fabricaţia în serie a microfoanelor de calitate, necesare radioficării şi altor aplicaţii.

Dintre cele trei tipuri de microfoane de calitate, cele mai răspândite astăzi sunt următoarele :

a) microfon dinamic cu bobină mobilă ;

b) microfon cu cristal ;

c) microfon condensator.

Se socoteşte că microfonul condensator este acela care corespunde mai bine scopului urmărit, pentru următoarele motive :

1. Din punct de vedere constructiv, e mai uşor de realizat.

2. Nu necesită materiale speciale, precum : magneţi permanenţi (microdinamic), cristale speciale pentru micro cu cristal, etc.

Dar dacă microfonul condensator în montajul clasic nu prezintă inconvenientele dela punctul 1 şi 2, în schimb are următoarele desavantagii :

1. Necesită o baterie de polarizare.

2. Este mai sensibil la efecte parazite, sgomot de fond, etc.

In montajul de înaltă frecvenţă (modulator) realizat de noi, deficienţele de mai sus sunt înlăturate, ceeace ne-a determinat a propune ca prototip atât pentru fabricaţia în serie cât şi pentru etalon-măsură, „microfonul condensator-modulator".

In ultimul timp în literatura de specialitate au apărut lucrări privind acest nou montaj al microfonului condensator. Se pare chiar, că tehnica modernă în domeniul fabricaţiei de microfoane se orientează în această direcţie, ea reprezentând tehnica viitorului. Cele ce urmează sunt rezultatul cercetărilor preliminare făcute în cadrul Institutului Metrologic, de către un colectiv al cărui ţel este de a pune la punct şi eventual crea metodele cele mai potrivite de măsură în domeniul electro-acusticii, în ţara noastră.

Principiul de funcţionare al microfonului condensator-modulator. Se consideră circuitul rezonant din fig. 1, în care una din armăturile condensatorului C este acţionată de sunet şi deci vibrează cu frecvenţa acestuia — făcând să varieze capacitatea C.

Se presupune că se aplică acestui circuit o forţă electromotoare e

$$e = E \sin \Omega t$$

se va obţine $v = V \sin (\Omega t - \alpha)$.

Curba universală de rezonanţă ne dă :

$$\frac{I}{I_{rez}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R}{R_{rez}}\right)^2 + Q^2 \cdot \delta^2 \cdot \frac{(2+\delta)^2}{(1+\delta)^2}}}$$

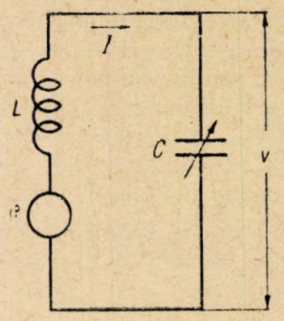


Fig 1 Schema de principiu a montajului microfonului.

unde

$$\delta = \frac{\omega - \omega_{rez}}{\omega_{rez}}; \qquad Q = \frac{L\,\omega_{rez}}{R_{rez}}$$

însă

$$V = \frac{I}{C\,\Omega},$$

deci

$$\frac{V}{V_{rez}} = \frac{1}{(1+\delta)\sqrt{\left(\frac{R}{R_{rez}}\right)^2 + Q^2\,\delta^2\,\frac{(2+\delta)^2}{(1+\delta)^2}}} \qquad (1)$$

Curba are forma din fig. 2 ; δ, fiind de ordinul de mărime $\frac{1}{2Q} \approx 0{,}01$, poate fi neglijat faţă de unitate ; formula (1) devine, dacă $R = R_{rez}$

$$\frac{V}{V_{rez}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\,Q^2\,\delta^2}} = f(\delta). \qquad (2)$$

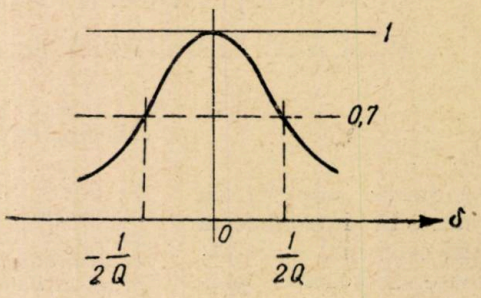


Fig 2. Curba universală de rezonanţă.

Acţiunea microfonului, în presupunerea că $\omega \ll \Omega$, [ω = frecv. lui C] se traduce prin schimbarea frecvenţei de rezonanţă :

$$\omega_{rez} = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ care variază cu } C.$$

De aci se deduce :

$$\delta = \frac{\omega - \frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{1}{\sqrt{LC}}} = \omega \cdot \sqrt{LC} - 1 .$$

Se presupune $C = C_0 + \Delta C$ (C variază deci în jurul lui C_0 cu $\pm \Delta C$). Se obţine :

$$\Delta\delta = \frac{1}{2}\,\omega \sqrt{\frac{4'}{C^2}} \cdot \Delta C$$

$$\Delta\delta = \frac{1}{2}\,\omega\,\sqrt{LC_0}\,\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{\omega}{(\omega_{rez})_0}\,\frac{1}{2}\,\frac{\Delta C}{C_0}$$

unde : ω = frecv. de lucru ; $(\omega_{rez})_0$ = frecvența de rezonanță medie, iar :

$$\Delta C \ll C_0$$

Insă :

$$\frac{\omega}{(\omega_{rez})_0} = 1 + \delta_0 \qquad \left[\text{căci } \delta_0 = \frac{\omega - (\omega_{rez})_0}{(\omega_{rez})_0}\right]$$

Deci

$$\Delta\delta = \frac{1}{2}\,\frac{\Delta C}{C_0}\,(1 + \delta_0) \approx \frac{1}{2}\,\frac{\Delta C}{C_0}\,.$$

La un $\Delta\delta$ pe curba universală, corespunde un ΔV ; deci notând cu m gradul de modulație și ținând cont de (2), se va obține :

$$m = \frac{\Delta v}{V} = \frac{f'(\delta)\,\Delta\delta}{f(\delta)}.$$

Dar din (2) rezultă :

$$f'(\delta) = \frac{4Q^2 \cdot \delta}{\sqrt{(1 + 4Q^2\delta^2)^3}}\,.$$

Deci :

$$m = \frac{4Q^2\delta}{1 + 4Q^2\delta^2}\,\Delta\delta = \frac{4Q^2}{\frac{1}{\delta} + 4Q^2\delta}\,\Delta\delta\,.$$

Se observă că gradul de modulație are un maxim în raport cu δ când :

$$\delta = \pm\,\frac{1}{2Q}.$$

Aceasta corespunde la un : $\frac{V}{V_{rez}} = 0{,}707$ (fig. 2).

Maximul lui m va avea deci valoarea :

$$m_{max} = \frac{\Delta\delta}{2\delta} = \pm\,Q\,\Delta\delta,$$

Dar s'a văzut că : $\Delta\delta = \frac{1}{2}\,\frac{\Delta C}{C^0}$, deci :

$$m = \pm\,\frac{1}{2}\,Q\,\frac{\Delta C}{C_0}.$$

Pe de altă parte :

$$C = \frac{\varepsilon\,\delta}{4\pi x}$$

de unde :

$$\frac{\Delta C}{C} \simeq -\,\frac{\Delta x}{x}\;(\Delta x \ll x)\,.$$

Introducând în m_{max} se obține :

$$m_{max} = \pm\,\frac{1}{2}\,Q\,\frac{\Delta x}{x}\,.$$

Semnul ($\pm$) depinde după cum se lucrează : dedesubtul sau deasupra frecvenței de rezonanță.

Rezultă din studiul de mai sus că modulația maximă are ca expresie $m = \pm\,\frac{1}{2}\,Q\,\frac{\Delta x}{x}$, în care apare ca factor de amplificare Q : cu cât circuitul are o rezonanță mai ascuțită, cu atât amplificarea va fi mai mare ; modulația maximă are loc pentru un desacord

$\delta = \pm\,\frac{1}{2Q}$, adică la un raport $\frac{V}{V_{rez}} = 0{,}707$.

Experiența verifică întocmai aceste rezultate : se obține maximul de modulație, desacordând circuitul astfel, încât tensiunea de lucru să scadă la 0,707 din tensiunea de rezonanță.

Amplificarea și detecția. Relațiile de mai sus privesc „amplitudinile" mărimilor alternative respective.

Din însăși definiția lui m rezultă că, între mărimile instantanee se va obține relația :

$$v = V\,(1 + m \sin \omega t)\,\sin\,(\Omega t - \alpha).$$

Pentru a extrage din acestă undă modulată pulsația de joasă frecvență ω, tensiunea v produsă la bornele condensatorului, va trebui introdusă într'un amplificator-detector.

Tensiunea de joasă frecvență, la ieșirea din amplificator-detector, va avea ca expresie :

$$(v\omega) = k \cdot V\,Q\,\frac{(\Delta x)}{x}$$

de unde se vede că e proporțională cu produsul VQ și cu amplitudinea deplasării (Δx) a armăturii mobile.

Principii constructive. Problema care se pune este de a determina condițiile în care o membrană acționată într'un câmp acustic capătă deplasări Δx, independente de frecvența undei câmpului care o acționează.

Membrana M (fig. 3) capătă deplasarea Δx sub acțiunea unei forțe $f = ps$ (unde p — presiunea acustică a câmpului).

Dacă impedanța mecanică Z_M a membranei este :

$$Z_M = r + j\,(m\omega - \frac{1}{C\omega})$$

unde r — rezistența de frecare a membranei, m — masa membranei, c — elasticitatea membranei, atunci solicitată la forța f, ea va căpăta deplasarea Δx :

$$(\Delta x) = \frac{|p| \cdot S}{\sqrt{(r\omega)^2 + \left(m\omega^2 - \frac{1}{C}\right)^2}}$$

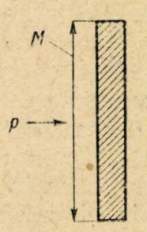


Fig 3 Schița principală a microfonului condensator : p — presiunea acustică ; M — membrana

expresie care devine independentă de ω, pentru $\frac{1}{C\omega} > m\omega$; $\frac{1}{C\omega} > r$, în care caz :

$$\Delta x = C\,|p|\,S\,.$$

Din punct de vedere fizic, condițiile de mai sus se traduc prin aceea, că membrana trebue să fie întinsă astfel încât frecvența proprie să fie mai mare decât frecvențele de lucru ; deasemenea, rezistența de frecări va trebui să fie mică față de reactanța de elasticitate.

In ceeace privește spațiul de aer dintre membrană și armătura fixă, acesta trebue să fie cât mai mic, astfel încât $\frac{\Delta x}{x}$ să fie cât mai mare și deci și eficacitatea microfonului.

Diferite perfecționări aduse circuitelor electrice. In locul unui singur circuit rezonant se pot utiliza circuitele cuplate, a căror pantă este mai mare decât a unui singur circuit, mărindu-se astfel amplificarea.

De asemenea se mai poate utiliza un circuit în punte, având avantajul eliminării efectului fluctuaţiei frecvenţei oscilatorului de I.F.

Obţinerea efectelor directive. In felul de construcţie obişnuit microfonul condensator nu e directiv, el măsoară presiunea dintr'un punct al câmpului acustic, presiune care este aceeaşi în orice direcţie.

Dacă prin construcţie s'ar lăsa ca ambele feţe ale membranei să fie accesibile sunetului, lăsând aerul să pătrundă prin părţile laterale, atunci prin efectul de difracţie al undelor, când acestea ar isbi perpendicular pe suprafaţa membranei, membrana ar vibra solicitată fiind de presiunea p, dacă însă undele vin paralel cu planul membranei atunci se obţine pe ambele feţe ale acesteia, aceeaşi presiune, astfel încât membrana stă pe loc, tensiunea produsă de microfon va fi nulă.

Se obţine astfel un efect directiv : microfonul are sensibilitatea maximă atunci când direcţia undelor este perpendiculară pe planul membranei şi sensibilitate nulă, atunci când această direcţie este paralelă cu planul membranei.

Toate aceste efecte au fost confirmate de experienţă.

Din punct de vedere practic, obţinerea unui efect directiv este preţios pentru eliminarea sgomotului exterior şi a cuplajului între microfon şi difuzor în instalaţiile de sonorizare.

Aplicaţii în domeniul măsurilor electro-acustice. In afară de aplicaţiile curente, şi anume aceea de a servi ca prototip pentru fabricarea în serie, precum şi ca microfon etalon pentru măsuri comparative, microfonul condensator-modulator, cu o uşoară modificare constructivă, în care cele două arnături ale condensatorului sunt constituite de membrane, ambele accesibile sunetului, poate servi la crearea unei noi tehnici a măsurilor în electro-acustică.

Să ştie că una din principalele dificultăţi în tehnica măsurilor electro-acustice o constitue undele staţionare, care falsifică rezultatele acestor măsurători.

Astfel, dacă urmează să se măsoare presiunea acustică produsă de o sursă de sunet, într'un punct, această presiune nu se datoreşte numai sursei de sunet ce se măsoară, ci şi unei infinităţi de surse datorite reflexiilor pereţilor camerii în care se face măsurarea. Aceste surse interferează, producând unde staţionare, având ca urmare că presiunea măsurată are o infinitate de maxime şi minime cu frecvenţa. Pentru înlăturarea acestor unde staţionare se recurge la tratamentul acustic al pereţilor camerii, construindu-se aşa numite camere surde. Aceste procedeu este însă foarte costisitor, ceeace explică în mare parte faptul că la noi nu există până astăzi o asemenea amenajare, singura în care măsurătorile electro-acustice ar fi posibile. Studiourle Radio-Difuziunei nu sunt nici ele complet lipsite de reverberaţie. In rezumat, tehnica actuală a măsurilor în El-Ac reclamă realizarea unor asemenea camere.

Or, microfonul condensator, modulator cu 2 membrane, ne dă posibilitatea eliminării efectelor undelor staţionare şi deci a ridicării caracteristicilor aparatelor electro-acustice în camere obişnuite.

Iată cum s'ar produce această eliminare a efectelor undelor staţionare.

Intr'un câmp de unde staţionare, într'un nod de presiune, un asemenea microfon ar produce o tensiune nulă, presiunea fiind nulă într'un asemenea punct.

Un microfon de viteză în acelaşi punct ar da o tensiune maximă ; într'un nod de viteză, situaţia se inversează, astfel încât două asemenea microfoane combinate ar produce într'un câmp de unde staţionare o tensiune constantă, care nu ar mai falsifica rezultatele măsurilor.

Intr'un câmp de unde progresive, tensiunile celor două microfoane ar fi concordante — reproducând astfel fidel caracteristica de frecvenţă a presiunii în punctul receptiv.

Efectele de mai sus s'ar menţine şi pentru o înclinaţie oarecare a undei, ambele microfoane având efect directiv.

Cercetările noastre în această direcţie tind a arăta justeţea acestor aşteptări şi avem convingerea că lucrând în această direcţie se va realiza cu mijloace simple, ceeace nu se poate obţine prin tehnica obişnuită decât cu mijloace mult mai complicate, aproape inaccesibile posibilităţilor noastre actuale.

Bibliografie

Zaalberg van Zelst: Philips Tehn.: Rev. 1947—48; 9; 357—363.

Furduev: Electroacustica, 1948, pag. 337.

Marinescu M.: „Despre microfon", evoluţie şi progrese realizate. Ciclu de conferinţe Soc. Rom. de Telefoane, 5 Aprilie 1945.

★

МИКРОФОН КОНДЕНСАТОР МОДУЛЯТОР И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОБЛАСТИ РЕПРОДУКЦИИ ЗВУКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПУТЕМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Резюме

В статье описывается принцип работы и конструкции микрофона конденсатора в монтажах высокой частоты, в которых питающая батарея постоянного тока заменена ссциллятором высокой частоты. Проектировка и осуществление этого микрофона была сделана одним коллективом Метрологического Института.

Между другими преимуществами этой системы относительно обыкновенно употребляемого монтажа приводим следующие: устранение источника постоянного тока, увеличение усилителя на фактор „О" (обострение резонанса цепи), устранение шума внутреннего происхождения. Указываются возможные применения на предприятиях и в сбласти электрозвуковых измерений.

★

MOTOARE CU MAI MULTE VITEZE

Ing. LADISLAU SALGO

O metodă practică care permite modificarea motoarelor asincrone cu rotorul în scurt-circuit în motoare cu 2, 3 şi 4 viteze, prin schimbarea bobinajului. Metoda poate fi aplicată atât de fabricile producătoare de maşini electrice, cât şi de atelierele de întreţinere. Metoda a fost preconizată de ing. A. M. Haritonov şi descrisă în revista Promâşlennaia Energhetica, 1 (1951).

Desvoltarea industriei noastre necesită din ce în ce un număr mai mare de motoare electrice cu mai multe viteze. Aceste motoare găsesc cea mai largă întrebuinţare în diferitele ramuri ale industriei ca: industria extractivă, linii de ciment, transportori, elevatori, macarale, pompe şi în special la maşinile unelte.

Intrebuinţarea motoarelor electrice cu mai multe viteze simplifică şi, în multe cazuri, chiar exclude cutia de viteze, îmbunătăţeşte simţitor calităţile tehnologice şi de exploatare a mecanismelor şi a maşinilor-unelte, contribuind prin aceasta la simplificarea executării lor şi la reducerea preţului de cost.

Motoarele electrice cu mai multe viteze aduc cele mai mari avantaje în special în cazul când maşina-unealtă care trebue antrenată are 2, 3 sau 4 viteze şi când numărul de rotaţii ale axului maşinei este acelaş cu ale motorului, fiindcă în acest caz se elimină complet cutia de viteze, reducţiile şi angrenajele.

Prin înlocuirea motoarelor cu o singură viteză, cu motoare cu mai multe viteze la maşinile-unelte care se află în exploatare, se obţine modernizarea acestora mărind cu mult productivitatea.

Industria noastră electrotehnică nu fabrică motoare electrice cu mai multe viteze. Cererile sectoarelor industriale în ceeace priveşte asemenea motoare sunt foarte variate atât ca putere, cât şi ca turaţie, neputând fi grupate în serii mari, care să justifice punerea în fabricaţie a unui tip special. In 1950 s'au executat câteva motoare cu două turaţii prin modificarea bobinajului la tipurile de serie existente. Aceste motoare nu au dat rezultatele cele mai bune, din cauza dificultăţilor cunoscute la executarea motoarelor cu mai multe viteze şi anume:

a) micşorarea importantă a puterii motorului cu mai multe viteze în comparaţie cu motorul cu o singură viteză, concomitent cu înrăutăţirea indiciilor energetici (cos φ randament, moment de pornire, etc);

b) întrebuinţarea bobinajelor separate pentru diferitele viteze măresc considerabil gabaritul motorului, înrăutăţind şi mai mult indicii energetici;

c) întrebuinţarea unui singur bobinaj măreşte numărul capetelor de bobine dela comutatorul de poli, ceeace complică mult construcţia, motorul devenind mai scump ca cel cu bobinaje separate.

Experienţa Uniunii Sovietice deschide un drum nou în executarea motoarelor electrice cu mai multe viteze şi ea va ajuta industria noastră electrotehnică să înlăture toate dificultăţile arătate mai sus, care stau în calea fabricării în ţară a acestor motoare.

Revista sovietică „Promâşlennaia Energhetica" (1951), pag 4—11, publică articolul lui A. M. Haritonov „Transformarea electromotoarelor în scurtcircuit normale în motoare cu mai multe viteze".

Autorul, în acest articol, indică date practice în ceea ce priveşte transformarea motoarelor asincrone cu rotorul în scurt-circuit de serie, în motoare cu mai multe viteze. Aceste date vor da posibilitate fabricilor noastre să execute motoare cu mai multe viteze în condiţii optime, fără să fie necesară elaborarea unui tip constructiv, ci numai prin modificarea bobinajelor la motoarele de serie existente. Tot pe baza datelor publicate, atelierele de întreţinere vor avea posibilitatea ca la reparaţiile capitale să modifice motoarele cu o singură viteză, în motoare cu mai multe viteze, contribuind prin aceasta la modernizarea maşinilor aflate în exploatare.

Metoda descrisă de A. M. Haritonov dă posibilitatea de a transforma motoarele cu o singură viteză în motoare cu 2, 3 sau 4 viteze, în raport de 1:2, 1:3, 1:4, 3:4, etc. Metoda a fost verificată cu rezultatele cele mai bune la majoritatea seriilor de motoare asincrone fabricate în Uniunea Sovietică, între care şi la motoarele asincrone din seria nouă unitară A şi AO care se introduce şi la noi, pentru toate motoarele cuprinse între 0,6 şi 100 kW.

Schimbarea numărului de rotaţii se obţine prin comutarea capetelor de bobine dela un singur bobinaj. In U.R.S.S. au fost elaborate mai multe metode şi scheme originale, pentru comutarea bobinajelor motoarelor cu mai multe viteze, la care capetele de bobine necesare la comutatorul de poli este cu mult mai mică decât la construcţiile cunoscute până în prezent. De exemplu comutarea vitezelor în raport de 1 : 4 se realizează cu 6 capete, 8 : 4 : 2 cu 9, 1 : 3 şi 2 : 3 cu 10, 4 : 3 cu 12, 6 : 4 : 2 cu 13, 6 : 4 : 3 : 2 cu 20 etc.

Pe baza numeroaselor încercări s'a stabilit că transformarea motorului în motor cu mai multe viteze se poate face în condiţiile cele mai bune, dacă numărul de crestături din stator şi rotor corespund ecuaţiilor de mai jos:

$$Z_2 \neq Z_1 \quad (1)$$
$$Z_2 - Z_1 \neq \pm 1 \quad (2)$$
$$Z_2 - Z_1 \neq \pm p \quad (3)$$
$$Z_2 - Z_1 \neq \pm 2p \quad (4)$$
$$Z_2 - Z_1 \neq \pm 2p \pm 1 \quad (5)$$
$$Z_2 - Z_1 \neq \pm 4p \quad (6)$$
$$Z_2 \geqslant 1{,}25\,(Z_1 + p) \quad (7)$$

unde: Z_2 — numărul crestăturilor din stator;
Z_1 — numărul crestăturilor din rotor;
p — numărul de perechi de poli.

BOBINAJUL

La modificarea motoarelor de serie pentru mai multe viteze trebue întrebuinţat totdeauna bobinajul în două straturi, care îmbunătăţeşte considerabil caracteristicele de pornire în comparaţie cu bobinajul într'un singur strat. Secţiile bobinajului cu două straturi ale motoarelor cu mai multe viteze se grupează în bobine cu un număr mai mare de crestături pe poli şi faze, ca la bobinajul cu două straturi ale motoarelor cu o singură viteză. Dacă la bobinajul unui motor cu o singură viteză, fiecare bobină ocupă numai 1/3 din numărul crestăturilor din pasul polar, atunci la bobinajul cu mai multe viteze fiecare bobină trebue să ocupe 2/3 din pasul polar.

Numărul secţiilor care formează bobina (adică numărul crestăturilor care sunt ocupate de o latură a bobinei) se determină după formula :

$$q = \frac{Z_1}{p \cdot m}$$

unde : q — numărul secţiilor de bobină (numărul crestăturilor pe pol şi fază) ;
Z_1 — numărul crestăturilor statorului ;
p — numărul perechilor de pol la viteza mică ;
m — numărul fazelor.

De exemplu la un motor cu două viteze 1500/3000 rot/min ($2p = 4/2$) cu 36 crestături la stator

$$q = \frac{36}{2 \times 3} = 6$$

adică bobina va fi formată din 6 secţii aşezate în 12 crestături (fiecare latură a bobinei ocupă 6 crestături).

Aşezarea bobinei în 2/3 din crestăturile pasului polar simplifică comutarea polilor dar conduce şi la reducerea coeficientului de înfăşurare cu aproximativ 10—15%. Din această cauză, la modificarea motorului cu o singură viteză în motor cu mai multe viteze, trebue mărit numărul conductorilor din crestătură cu 10—15%, tensiunea circuitului şi inducţia în aer rămânând nemodificate. Pentru a putea mări numărul conductorilor din crestătură este necesară reducerea secţiunilor conductorilor, ceea ce reduce puterea motorului cu 10—15%, în comparaţie cu motorul cu o singură viteză.

In multe cazuri reuşeşte sporirea numărului de conductori din crestătură fără reducerea secţiunii şi deci eliminarea desavantajului de micşorare a puterii.

Dacă se admite în medie sporirea numărului de conductori în crestătură cu 5%, atunci la modificarea motorului dintr'o viteză la mai multe viteze, scăderea puterii este de $\frac{1{,}15}{1{,}05} = 1{,}1$, adică 10% (la acelaşi număr de rotaţii).

Unele scheme permit modificarea motoarelor cu două viteze, raportul vitezelor fiind diferit de 1 : 2 (de exemplu 1000/3000 rot/min) fără scăderea coeficientului de înfăşurare, adică fără reducerea puterii.

Coeficientul de înfăşurare este rezultatul a doi coeficienţi :

$$K_1 = K_c \cdot K_s$$

unde K_c — coeficientul de coardă al bobinajului ;
K_s — coeficientul de scurtare al bobinajului ;

$$K_c = \frac{\sin\left(90\,\frac{q}{Q}\right)}{q \sin\left(\frac{90}{Q}\right)} \qquad K_s = \sin\left(90\,\frac{Y}{Q}\right)$$

unde q — numărul crestăturilor ocupate de o latură a bobinei ;
Q — pasul polar exprimat în crestături ;
Y — pasul bobinajului exprimat în crestături ;

$$Q = \frac{Z_1}{2p} .$$

De exemplu să se calculeze coeficientul de înfăşurare pentru viteza mică, pentru motorul cu două viteze 1500/3000 rot/min, dacă numărul crestăturilor, statorul $Z_1 = 36$ şi pasul bobinajului $y = 1 - 11$ (10) :

$$q = \frac{Z_1}{p \cdot m \cdot} = \frac{36}{2 \times 3} = 6 \qquad (1)$$

adică bobina e formată din 6 secţii :

$$Q = \frac{Z_1}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \qquad (2)$$

$$K_c = \frac{\sin\left(90\,\frac{6}{9}\right)}{6 \sin\left(\frac{90}{9}\right)} = \frac{\sin 60^\circ}{6 \sin 10^\circ} = \frac{0{,}865}{6 \cdot 0{,}174} = 0{,}835 \qquad (3)$$

$$K_s = \sin\left(90\,\frac{10}{9}\right) = \sin 100^\circ = \sin 80^\circ = 0{,}985 \qquad (4)$$

$$K_1 = 0{,}835 \cdot 0{,}985 = 0{,}82$$

MERSUL CALCULULUI

Pentru modificarea unui motor electric cu o singură viteză, într'unul cu mai multe viteze, prima dată se stabilesc datele nominale ale motorului iniţial (puterea P, tensiunea U_f, curentul I_f numărul de rotaţii, cos φ, randamentul, etc.).

După aceasta se determină dimensiunile de bază şi datele de bobinaj necesare pentru recalculare :

D_{ext} — diametrul exterior al tolei stator în mm ;
D_{int} — diametrul interior al tolei stator în mm ;
l_1 — lungimea pachetului stator în mm ;
Z_1 — numărul crestăturilor statorului ;
F_1 — secţiunea crestării statorului în mm² ;
b_{z1} — lăţimea dintelui statorului în mm ;
h_j — înălţimea jugului statorului în mm ;
S_n — numărul efectiv al conductorilor din crestătură ;
2_Q — ramificaţiile paralele ale bobinajului ;

Φ_b/Φ_i — diametrul conductorului neizolat pe secţiunea conductorului izolat ;
s_b/s_i — secţiunea conductorului neizolat, pe secţiunea conductorului izolat ;
l_{med} — lungimea medie a spirei în m ;
q — numărul crestăturilor ocupate de o latură a bobinei ;
y — pasul bobinajului.

Pe baza datelor nominale şi ale dimensiunilor de bază se determină :

densitatea curentului în stator :

$$\Delta_1 = \frac{I_f}{s_b},$$

numărul spirelor înseriate pe fază :

$$W_1 = \frac{S_n \cdot Z_1}{6 \cdot 2a}$$

rezistenţa unei faze la cald :

$$R_f = \frac{W_1 \cdot l_{med}}{2a \cdot 46 \cdot s_b} \text{ ohm}$$

pasul polar :

$$\tau = \frac{D_{int} \cdot \pi}{2p} \text{ mm}$$

coeficientul de înfăşurare
inducţia în aer :

$$B_l = \frac{(U_f - I_f R_f)\, 10^8}{1{,}45\, l_1 \cdot \tau \cdot W_1} \text{ gauss}$$

coeficientul de umplere :

$$K_u = \frac{\sin s_i}{F_1}.$$

In cazul când motorul cu mai multe viteze are viteză mică egală cu a motorului cu o singură viteză — de serie — (de exemplu un motor de 1000 rot/min se modifică la 1000/1500 rot/min sau la 1000/1500/3000 rot/min), atunci inducţia în aer poate fi menţinută la valoarea avută la motorul cu o singură viteză. Trebue însă controlată dacă la viteza mare inducţia în jugul statorului nu depăşeşte limitele admise. In acest caz numărul conductorilor din crestătură trebue sporit cu 10—15%, reducând corespunzător secţiunea conductorului pentru ca să încapă în crestătură, densitatea curentului în bobinajul stator rămânând aproximativ egală cu a motorului de serie.

In schemele folosite de obicei în regim apropiat P = const. (P este puterea utilă a motorului) puterea motorului cu mai multe viteze, la viteza mică va fi aproximativ 0,85—0,9 din puterea motorului cu o singură viteză, iar la viteza mare va creşte aproximativ la 1,1—1,6 ori, puterea motorului cu o singură viteză.

Dacă se cere ca viteza mică a motorului cu mai multe viteze să fie mai mică decât viteza motorului, care se transformă (de exemplu un motor de 1500 rot/min se modifică în 1000/1500, 750/1500 sau 750/1000/1500 rot/min), atunci inducţia în aer B_1 trebue micşorată cu aproximativ 10—20%, altfel curentul în gol poate ajunge la valori nepermise.

Densitatea curentului bobinajului statoric trebue deasemenea redusă, întrucât se înrăutăţesc condiţiile de răcire din cauza ventilaţiei reduse.

Puterea motorului cu mai multe viteze la viteza mică se reduce în comparaţie cu motorul cu o singură viteză din următoarele cauze :

a) din cauza micşorării turaţiei ;
b) datorită reducerii inducţiei în aer cu 10—15% ;
c) datorită reducerii coeficientului de înfăşurare cu 10—15% ;
d) datorită reducerii randamentului şi cos φ ;
e) datorită reducerii ventilaţiei.

Puterea motorului cu mai multe viteze, în asemenea condiţii se poate mări prin mărirea coeficientului de umplere a crestăturii prin întrebuinţarea conductorilor cu izolaţie mai subţire, de exemplu, în loc de izolaţia două ori bumbac, trebue folosită izolaţia cu mătase, bumbac cu email sau email.

Pe baza considerentelor de mai sus, puterea unui motor cu mai multe viteze la viteza mică egală cu 1000 rot/min, obţinut prin modificarea unui motor cu o singură viteză de 1500 rot/min este de 0,5—0,6 din puterea motorului iniţial.

Dacă motorul obţinut are viteza mică de 750 rot/min şi este obţinut dintr'un motor de 1000 rot/min, raportul puterilor este egal cu 0,45—0,55.

La vitezele mai mari, puterea motorului cu mai multe viteze va spori aproximativ proporţional că mărirea numărului de rotaţii.

Calculul electric al motorului cu mai multe viteze se face ca la orice motor asincron. Intâi se face calculul la viteza mică, se determină inducţia în aer şi în jug, numărul spirelor, densitatea curentului, pasul bobinajului, etc.

După aceea, în funcţie de puterea cerută pentru fiecare viteză, se alege schema de legături în aşa fel ca inducţia în jugul statorului şi densitatea curentului în inelele de scurtcircuitare a rotorului să nu depăşească valorile admise.

La viteză mare, datorită condiţiilor mai bune de răcire se poate mări densitatea curentului în bobinajul statorului cu 30—40%, faţă de viteza mică şi inducţia în jugul statorului care poate fi admisă până la valoarea de 18 000—19 000 gauss.

SCHEMELE DE BOBINAJ

Schemele de bobinaj a motoarelor cu mai multe viteze pot fi împărţite în trei grupe :

1. Schemele care asigură motorului aproximativ aceeaşi putere pentru fiecare viteză (motorul lucrează într'un regim apropiat cu P = const., unde P este puterea utilă a motorului indiferent de turaţie,

2. Scheme la care puterea la ax a motorului creşte aproape proporţional cu mărirea numărului de turaţii (motorul lucrează într'un regim apropiat de M = const., M fiind cuplul motorului la ax).

3. Scheme după care la vitezele mai mari,

puterea utilă a motorului se micşorează în comparaţie cu puterea la viteza mică.

In practică se întrebuinţează aproape exclusiv primele două grupe; cele din grupa a treia se folosesc foarte rar, pentrucă la marea majoritate a a maşinilor unelte şi a altor mecanisme, concomitent cu sporirea vitezei, sporeşte şi puterea.

Trebue menţionat că este aproape imposibil de a calcula bobinajul motorului cu mai multe viteze, în aşa fel ca să se asigure motorului o funcţionare într'un regim $P = \text{const.}$ sau $M = \text{const}$, cu indici energetici optimi pentru fiecare viteză.

De aceea se alege o schemă care să asigure la fiecare viteză pentru un regim dat, indici energetici destul de buni (randament şi $\cos\varphi$), calitate de pornire şi supraîncărcare bună.

Pe baza unei experienţe îndelungate de lucru cu motoarele cu mai multe viteze, experienţa verificată la un număr mare de motoare executate, de puteri şi tipuri diferite, se recomandă pentru motoarele cu mai multe viteze cu un regim de lucru $P = \text{const.}$ sau apropiat de acest regim, să se aleagă inducţia în aer la viteza mare egală cu $B_l \cong \sqrt{\frac{P}{P_0}} \cdot B_{l_0}$, unde B_{l_0} este inducţia în aer la viteza mică, iar P şi P_0 numărul polilor pentru viteza mică respectiv cea mare.

Schemele cele mai potrivite pentru un regim care se apropie de $P = \text{const.}$ sunt următoarele: $\Delta/\lambda\lambda, \lambda\lambda/\Delta, \lambda\lambda$ şi Δ/Δ. Prin folosirea acestor scheme, puterea motorului cu mai multe viteze cu raportul vitezelor de 1 : 2 poate fi sporită la viteza mare cu 20—60% în comparaţie cu viteza mică, datorită valorilor mari a randamentului şi $\cos\varphi$, precum şi din cauza condiţiilor mai bune de răcire.

La un regim $M = \text{const.}$, sau la un regim apropiat, se alege $B_l \approx B_{l_1} \approx \text{const.}$, din care cauză la vitezele mai mari trebue mărit numărul căilor de curent paralele. Pentru regimurile apropiate de $M = \text{const.}$ se potrivesc următoarele scheme:

$$\lambda/\lambda\lambda,\ \lambda/\Delta,\ \lambda\lambda/\lambda\lambda\lambda,\ \Delta\Delta/\Delta\Delta\Delta.$$

Când raportul vitezelor este egal cu 1 : 2 se folosesc de obicei schemele $\Delta/\lambda\lambda, \lambda\lambda/\Delta$ şi $\lambda/\lambda\lambda$ întrucât aceste scheme necesită la comutatorul de poli 6 capete de bobine faţă de schema λ/λ, care necesită 9 sau faţă de λ/Δ şi Δ/Δ care necesită 12 capete.

Alegerea schemelor pentru motoarele cu 3 şi 4 viteze întâmpină dificultăţi mari, întrucât trebue ţinut seama de trei condiţii care adesea se contrazic.

1. Obţinerea de indici cât mai favorabili pentru fiecare viteză în regimul dat.
2. Numărul capetelor de bobine la comutatorul de poli să fie cât mai mic.
3. Comutatorul de poli să fie de o construcţie cât mai simplă.

Obţinerea indicilor energetici optimi la motorul cu mai multe viteze, pentru fiecare viteză, este de regulă legată cu sporirea numărului capetelor de bobine dela comutatorul de poli.

De exemplu, la schemele $\Delta/\Delta/\lambda\lambda$ pentru 1000/1500/3000 rot/min sunt necesare 18 capete de bobine la comutatorul de poli. Dar în acelaşi timp la 1500 rot/min, motorul nu este complet utilizat, pe când la 3000 rot /min pierderile în fier cresc mult din cauza inducţiei prea mari, randamentul şi $\cos\varphi$ scad. Pentru o astfel de relaţie a vitezelor, schema optimă este $\Delta/\lambda\lambda/\Delta$, deşi numărul capetelor la comutatorul de poli creşte la 19. Puterea motorului la această schemă, în comparaţie cu cea precedentă, creşte cu 10% pentru viteza mică şi cu 25% pentru viteza medie, având în acelaşi timp indici energetici îmbunătăţiţi la toate vitezele.

Contrar convingerilor larg răspândite, trebue subliniat că, complexitatea schemei comutatorului nu depinde de numărul total de borne, ci este în funcţie de numărul de borne care se comută simultan la fiecare viteză. Se poate realiza un comutator cu o schemă simplă şi de dimensiuni reduse, chiar dacă numărul de legături este considerabil, cu condiţia ca pentru fiecare viteză, o parte din legături să nu participe la comutare (fig. 1, fig. 2).

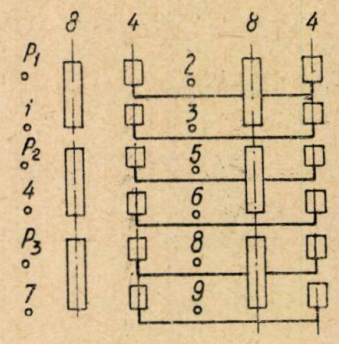


Fig. 1.

$2p = 8\ \lambda$		$2p = 4\lambda$	
$P_1 - 1$;	$2 - 3$	$P_1 - 2$;	$1 - 3$
$P_2 - 4$;	$5 - 6$	$P_2 - 5$;	$4 - 6$
$P_3 - 7$	$;8 - 9$	$P_3 - 8$;	$7 - 9$

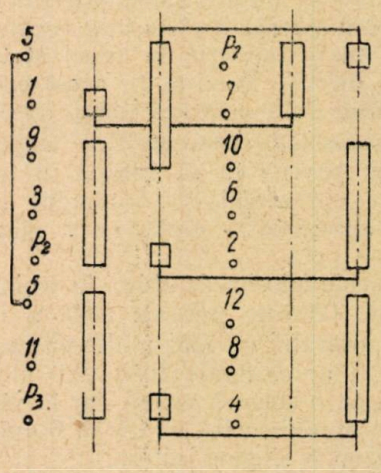


Fig. 2.

$2p = 8\ \Delta\Delta$	$2p = 6\ \Delta\Delta\Delta$
$P_1 - 1 - 7$	$P_1 - 1 - 5 - 9$
$P_2 - 3 - 9$	$P_2 - 2 - 6 - 10$
$P_3 - 5 - 11$	$P_3 - 4 - 8 - 12$
Rămân libere:	Rămân libere:
2, 4, 6, 8, 10, 12	3, 7, 11

In fig. 1 şi 2 sunt date schemele comutatorului de poli pentru un motor cu două viteze 750/1500 rot/min cu 9 legături din bobinaj şi pentru un motor de 750/1500 rot/min cu 12 legături din bobinaj. După cum se vede din aceste figuri, schema comutatorului motorului la 750/1000 rot/min, din cauză că legăturile Nr, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 şi 12 participă la comutare numai la o singură viteză, rămânând libere la celelalte viteze, este mai simplă decât schema comutatorului motorului la 750/1500 rot/min, deşi acesta ca dimensiuni e mai mic ca primul.

In fig. 3 şi 4 sunt arătate schemele comutatorului polar pentru un motor cu trei viteze 1000/1500/3000 rot/min, cu 18 respectiv 19 le-

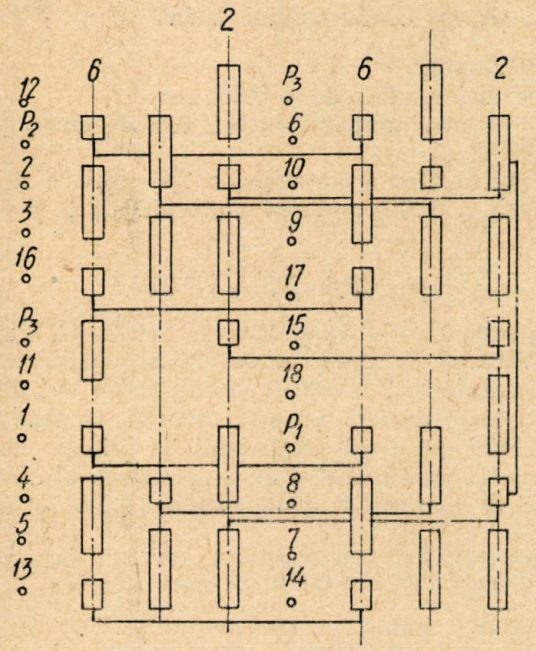


Fig. 3.

$2p=6\ \Delta$
$P_1-1;\ 2-3;\ 4-5$
$P_2-6;\ 7-8;\ 9-10$
$P_3-11;\ 13-14;\ 16-17$
Rămân libere :
12, 15, 18

$2p=4\ \Delta$
$P_1-4-8;\ 9-17$
$P_2-2-10;\ 13-15$
$P_3-6-;\ 7-14;\ 16-3$
Rămân libere :
1, 11, 12, 15, 18

$2p=2\ \lambda\lambda$
$P_1-18;\ 9-17$
$P_2-12;\ 13-5$
$P_3-15;\ 7-14;\ 16-3$
Se închid : *1—2—4—6—8—10*
Rămân libere : *11*

gături din bobinaj. Privitor la gabarit şi complexitate, ambele comutatoare sunt aproape identice. Mai sus s'a arătat însă avantajele indiscutabile în ceeace priveşte gradul de utilizare a motorului prin adoptarea schemei de $\Delta/\lambda\lambda/\Delta$ cu 19 capete faţă de schema $\Delta/\Delta/\lambda\lambda$ cu 18 capete.

Din exemplele arătate rezultă că criteriul care permite justa apreciere a gabaritului şi complexităţii comutatorului nu este cantitatea totală de legături, ci numărul total de combinaţii în cumutarea legăturilor la toate vitezele şi numărul de legături comutate simultan pe fiecare viteză.

A. M. Haritonov dă trei exemple de calcul pentru modificarea motoarelor cu o singură viteză în mai multe viteze.

MODIFICAREA MOTORULUI TIP R 42/6, SERIA URAL CU O SINGURĂ VITEZĂ LA DOUĂ VITEZE 750/1000 rot/min

Datele nominale ale motorului R 42/6 : 3,4 kW, 220/380 V, 13,8/8,0 A, 960 rot/min, $\cos\varphi = 0{,}78$ randamentul $\eta = 0{,}828$.

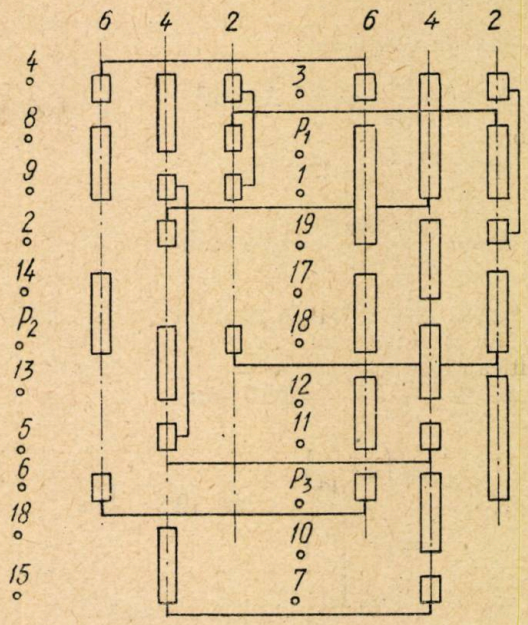


Fig. 4.

$2p=6\ \Delta$
$P_1-1-19;\ 3-4$
$P_2-14;\ 16-17$
$P_3-6;\ 8-9;\ 11-12$
Rămân libere :
2, 5, 7, 10, 13, 15, 18

$2p=4\ \lambda\lambda$
$P_1-1-3;\ 2-17-19$
$P_2-13;\ 12-16$
$P_3-10;\ 4-8$
$5-9-11$
Rămân libere :
6, 14

$2p=2\ \Delta$
$P_1-1-8;\ 3-19$
$P_2-16-17$
$P_3-11-12;\ 4-9$
Rămân libere :
2, 5, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 18
Se închid :
18—7—15

Dimensiunile principale ale motorului R 42/6 : $D_{ext} = 245$ mm, $D_{int} = 154$ mm, $l_1 = 102$ mm, $Z_1 = 36$ crestături, lăţimea medie a crestăturii $b_2\ l_{med} = 8{,}45$ mm, înălţimea jugului stator $h_{a_1} = 24$ mm, secţiunea crestăturii stator $F_1 = 162$ mm². Dimensiunile crestăturii stator sunt arătate în fig. 5.

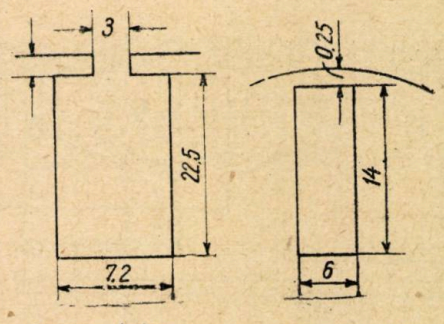


Fig. 5.

Datele de bobinaj ale motorului R 42/6 : bobinaj în două straturi, pasul bobinajului 1—6

(5), fiecare latură a bobinei ocupă 2 crestături ($q = 2$), 37 de conductori în crestătură, cu secţii având 18 şi 19 spire, lungimea medie a spirei $l_{med} = 0,47$, conductori PELBO (email +1 × bumbac) cu diametrul 1,25/1,45 mm, secţiunea conductorului $s_b/ = 1,23/1,68$ mm², legătura bobinajului în serie.

Calcul de verificare :

1. $\Delta_1 = \frac{8,0}{1,23} = 6,5$ A/mm²

2. $W_1 = \frac{37 \cdot 36}{1 \cdot 6} = 222$ spire

3. $R_1 = \frac{0,47 \cdot 222}{46 \cdot 1,23} = 1,85$ ohm

4. $K_u = \frac{37 \cdot 1,68}{162} = 0,38$

5. $\tau = \frac{154 \cdot 3,14}{6} = 80,6$ mm

6. $K_1 = \frac{\sin\left(90 \frac{2}{6}\right)}{2 \sin\left(\frac{90}{6}\right)} \times \sin\left(90 \frac{5}{6}\right) =$

$$= \frac{\sin 30^\circ}{2 \sin 15^\circ} \sin 75^\circ = 0,935$$

7. $B_l = \frac{(220 - 8,0 \cdot 1,86)\, 10^8}{1,44 \cdot 10,5 \cdot 80,6 \cdot 222 \cdot 0,935} = 8100$ gauss.

Motorul R 42/6 trebue transformat pentru două viteze 750/1500 rot/min la 380 V, menţinând aproximativ aceeaşi putere la arbore ; pentru acest scop, cea mai potrivită este schema Δ/λλ.

Se alege :

$$B_{l2p=8} = \frac{B_{l2p=6}}{1,2} = \frac{8100}{1,2} = 6\,700 \text{ gauss}$$

se ia :

$$y = 1 - 6\ (5), \qquad q = \frac{36}{3 \cdot 4} = 3$$

Fig. 6 dă schema Δ/λλ cu $y = 1 - 6$ (5) şi $q = 3$.

Coeficientul de înfăşurare pentru $2p = 8$ rezultă după formula dată egal cu :

$$K_1 = 0,845 \cdot 0,985 = 0,83$$

numărul conductorilor pe crestătură pentru $2p = 8$ este :

$$S_{n2p=8} = \frac{1,73 \cdot 37 \cdot 8 \cdot 8100 \cdot 0,935}{6 \cdot 6700 \cdot 0,83} = 116 \text{ conductori.}$$

Admiţând coeficientul de umplere a crestăturii $K_{ump} = 0,41$. Suprafaţa crestăturii ocupată de bobinaj este :

$$0,41 \cdot 162 = 66,5 \text{ mm}^2.$$

Secţiunea conductorului izolat $s_i = \frac{66,5}{116} =$

$= 0,575$ mm².

De aici rezultă $\Phi_i = 0,86$ mm.

Se va întrebuinţa conductori PELBO cu $\Phi_b/\Phi_i =$ $= 0,69/0,85$ mm.

Puterea utilă a motorului la $2p = 8$ va fi aproximativ 0,5 din puterea motorului la $2p = 6$, adică :

$$p_2 = 3,4 \cdot 0,5 = 1,7 \text{ kW},$$

iar pentru $2p = 4$, va egala cu $P_2 \approx 2,0 - 2,5$ kW.

Păstrând densitatea curentului $\Delta_1 = 6,5$ A/mm², se va obţine la $2p = 8$, $I_f = 6,5 \cdot 0,374 = 2,42$ A.

In cazul de faţă nu este necesară recalcularea inducţiei în jugul statorului la viteza mare, întrucât motorul R 42/6 nu se deosebeşte ca dimensiuni de motorul R 42/4, care are 1500 rot/min.

MODIFICAREA MOTORULUI TIP MA 202—2/4 PENTRU DOUĂ VITEZE 750/1500 rot/min

Datele nominale ale motorului MA 202 — — 2/4 : 17 kW, 220/380 V, 57,5/33,2 A, 1450 rot/min, cos $\varphi = 0,88$, randamentul $\eta = 0,828$.

Dimensiunile principale şi datele de bobinaj ale motorului MA 202—2/4 sunt următoarele :

$D_{ext} = 294$ mm, $D_{int} = 180$ mm, $l_1 = 145$ mm, $Z_1 = 36$ crestături, $F_1 = 176$ mm². Dimensiunile crestăturii stator sunt date în fig. 7.

Bobinaj într'un strat, pasul bobinajului 1—8 (7) şi 1—10 (9). Fiecare latură a bobinei ocupă 2 crestături (q = 2). Conductori P.B.D. (2 ×

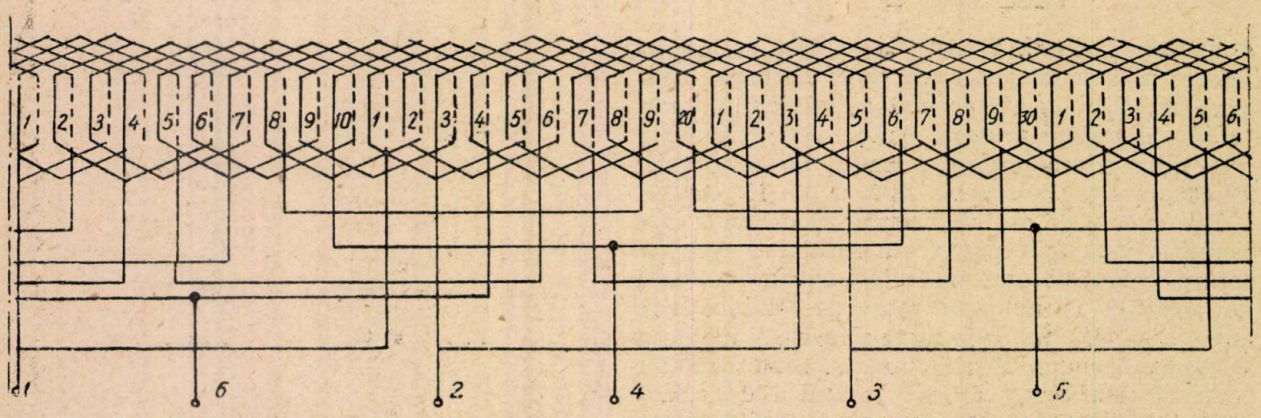


Fig. 6. La 750 rot/min reţeaua se conectează la bornele *1, 2, 3*, bornele *4, 5, 6* rămân libere. La 1500 rot/min reţeaua se conectează la bornele *4, 5, 6*, bornele *1, 2, 3* se scurtcircuitează.

bumbac) cu diametrul 1,56/1,81 mm şi cu secţiunea $s_b/s_i = 1{,}91/2{,}57$ mm². In crestătură 15 conductori efectivi (numărul total de conductori

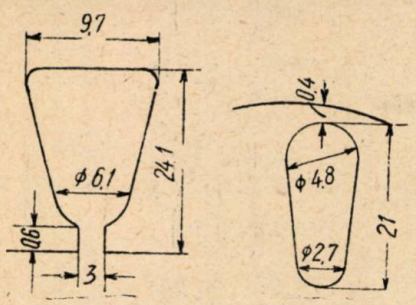


Fig. 7.

e 30). Legătura bobinajului serie. Lungimea medie a spirei $l_{med} = 0{,}7$ m.

Schema cea mai adecuată pentru raportul de putere ales pentru cele două viteze, raport caracteristic pentru un regim de lucru $M = \text{const.}$ (M este cuplul la ax) este schema λ/λλ.

Se ia :

$$Bl_{2p=8} = \frac{B_{1\,2p=4}}{1{,}15} = \frac{8300}{1{,}15} = 7500 \text{ gauss}$$

Se alege :

$$y = 1 - 6\ (5), \quad q = \frac{36}{3{,}4} = 3$$

Schema bobinajului λ/λλ pentru $Z_1 = 36$, $y = 1 - 6\ (5)$ şi $q = 3$ este arătată în fig. 8.

Coeficientul de bobinaj pentru $2p = 8$ rezultă din formula cunoscută egal cu 0,83.

Numărul conductorilor dintr'o crestătură este egal cu :

$$S_n = \frac{30 \cdot 8300 \cdot 8 \cdot 0{,}945}{7500 \cdot 4 \cdot 0{,}83} = 38.$$

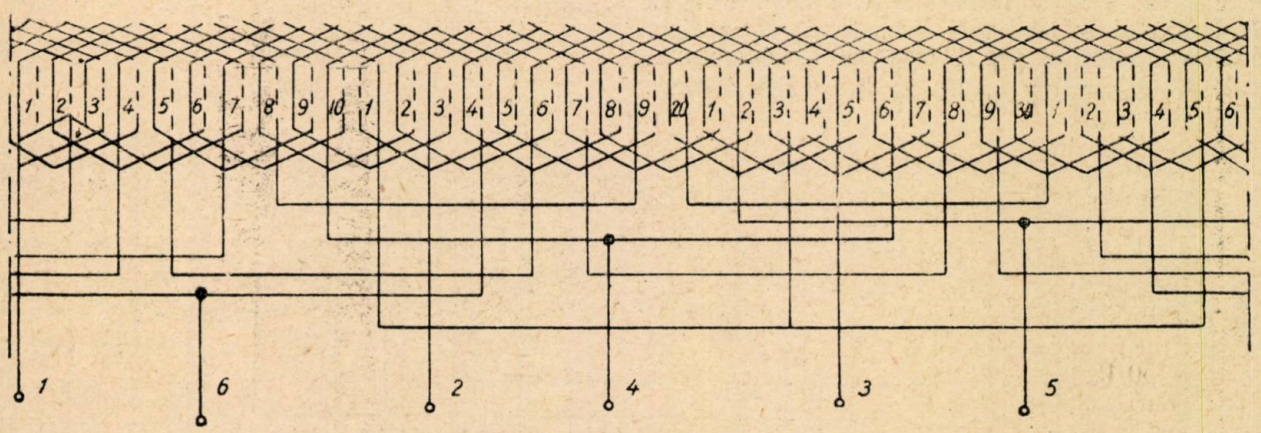


Fig. 8. La 750 rot/min reţeaua se conectează la bornele *1, 2, 3*, bornele *4, 5, 6* rămân libere. La 1500 rot/min reţeaua se conectează la bornele *4, 5, 6*, bornele *1, 2, 3* se scurtcircuitează.

Calcul de verificare ;

1. $\Delta_1 = \frac{33{,}2}{2 \cdot 1{,}91} = 8{,}7$ A/mm²

2. $W_1 = \frac{30 \cdot 36}{2 \cdot 6} = 90$ spire

3. $R_1 = \frac{90 \cdot 0{,}7}{46 \cdot 2 \cdot 1{,}91} = 0{,}36$ ohm

4. $K_u = \frac{30 \cdot 2{,}57}{176} = 0{,}44$

5. $\tau = \frac{180 \cdot 3{,}14}{4} = 141$ mm

6. $K_1 = \frac{\sin\left(90 \frac{2}{9}\right)}{2 \sin\left(\frac{90}{9}\right)} \cdot \sin\left(90 \frac{8}{9}\right) =$

$= 0{,}96 \cdot 0{,}985 = 0{,}945$

7. $B_1 = \frac{(220 - 33{,}2 \cdot 2 \cdot 0{,}36)\ 10^8}{1{,}44 \cdot 145 \cdot 141 \cdot 90 \cdot 0{,}945} = 8300$ gauss.

Motorul MA 202— 2/4 trebue să fie transformat pentru două viteze 750/1500 rot/min cu puterea de 5—6 kW la 750 rot/min şi 14—16 kW la 1500 rot/min pentru tensiunea de 380 V.

Păstrând coeficientul de umplere egal cu $K_{ump} = 0{,}44$.

Suprafaţa crestăturii ocupată de bobinaj este $0{,}44 \cdot 176 = 77{,}5$ mm².

Secţiunea conductorului izolat este $s_i = \frac{77{,}5}{38} = 2{,}03$ mm². Deci $\Phi_i = 1{,}61$ mm.

Se întrebuinţează conductorul PELBO cu diametrul de 1,4/1,61 mm.

Puterea la $2p = 8$ va fi aproximativ $0{,}3 \simeq 0{,}33$ din puterea nominală a motorului cu o singură viteză, adică :

$$P_{2\,2p=8} = 0{,}31 \cdot 17 = 5{,}3 \text{ kW}$$

La $2p = 4$ puterea la ax creşte cu aproximativ de trei ori şi este egală cu $P_2 \simeq 16$ kW.

Se reduce densitatea curentului bobinajului statoric cu 15% pentru $2p = 8$ faţă de valoarea calculată la motorul cu o singură viteză.

$$\Delta l_{2p=8} = \frac{8{,}7}{1{,}15} = 7{,}6 \text{ A/mm} \cdot$$

De unde rezultă :

$$I_{f\,2p=8} = 7{,}6 \cdot 1{,}54 = 11{,}7 \text{ A}.$$

Pentru $2p = 4$, $I_f = 2 \cdot 8{,}7 \cdot 1{,}54 = 26{,}8$ A.

Întrucât inducţia în aer la $2p = 4$ a motorului cu două viteze va fi mai mică decât la cel cu o viteză MA 202—2/4, rezultă că şi inducţia în jug va fi mai mică, deci nu este necesară verificarea acestuia.

MODIFICAREA MOTORULUI TIP R 42/6 SERIA URAL, PENTRU TREI VITEZE 1000/1500/3000 rot/min

Trebue modificat motorul R 42/6 din primul exemplu în motor cu trei viteze 1000/1500/3000 rot/min pentru tensiunea de 220 V, cu aproximativ $P = \text{const.}$ la toate vitezele.

Pentru un astfel de regim şi pentru un astfel de raport între numărul de rotaţii, cele mai bune rezultate se obţin prin întrebuinţarea schemei $\Delta/\lambda\lambda/\Delta$ cu 19 legături la comutatorul de poli, schemă de care s'a mai vorbit la începutul articolului.

Schema bobinajului este arătată în fig. 9.

Întrucât viteza mică a motorului cu trei viteze este egală cu viteza motorului cu o singură viteză R 42/6 care se modifică, inducţia în aer şi densitatea curentului pot fi păstrate neschimbat la valorile $B_1 = 8100$ gauss şi $\Delta_1 = 6{,}5$ A/mm².

$$K_{1_{2p=4}} = \frac{\sin\left(90\,\frac{6}{9}\right)}{6\sin\left(\frac{90}{9}\right)} \sin\left(90\,\frac{7}{9}\right) =$$

$$= \frac{\sin 60^0}{6\sin 10^0} \sin 70^\circ = 0{,}785$$

$$K_{1_{2p=2}} = \frac{\sin\left(90\,\frac{6}{18}\right)}{6\sin\left(\frac{90}{18}\right)} \sin\left(90\,\frac{7}{18}\right) =$$

$$= \frac{\sin 30^0}{6\sin 5^0} \sin 35^\circ = 0{,}545.$$

Inducţia în aer menţinându-se constant, numărul conductorilor din crestături pentru $2p = 6$ trebue mărit în acelaşi raport cu care se micşorează coeficientul de bobinaj al motorului cu trei viteze în raport cu al motorului cu o singură viteză :

$$S_n = \frac{37 \cdot 0{,}935}{0{,}89} = 39$$

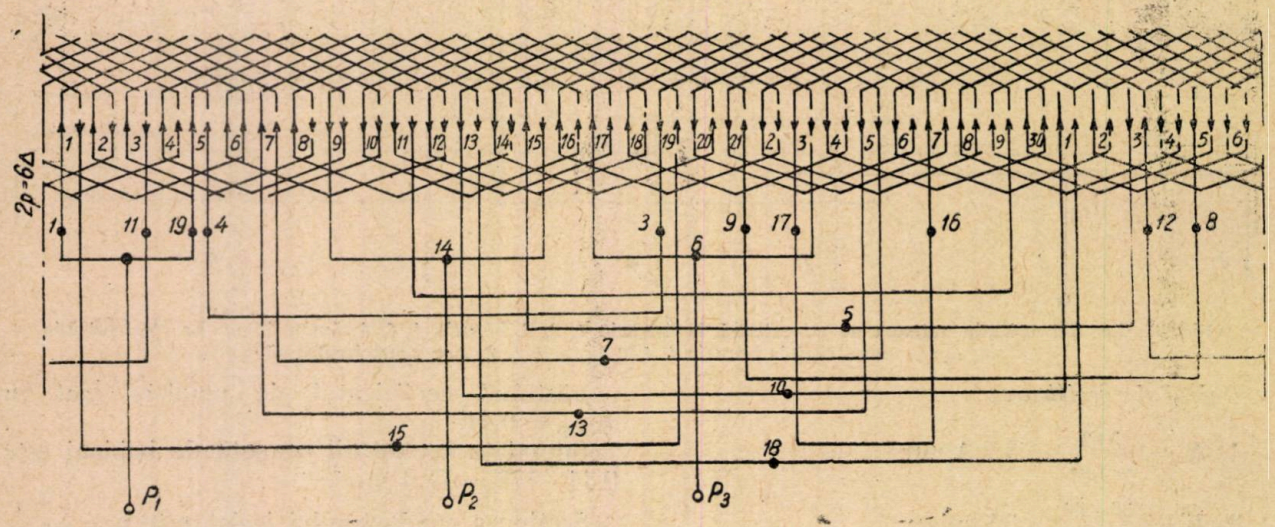


Fig. 9.

$2p = 6\ \Delta$
$P_1 — 1 — 19\ ;\ 3 — 4$
$P_2 — 14\ ;\ 16 — 17$
$P_3 — 6\ ;\ 8 — 9\ ;\ 11 — 12$
Rămân libere :
2, 5, 7, 10, 13, 15, 18

$2p = 4\ \lambda\lambda$
$P_1 — 1 — 3\ ;\ 2 — 17 — 19$
$P_2 — 13\ ;\ 13 — 16\ ;\ 7 — 15 — 18$
$P_3 — 10\ ;\ 4 — 8\ ;\ 5 — 9 — 11$
Rămân libere :
6, 14

$2p = 2\ \Delta$
$P_1 — 1 — 8\ ;\ 3 — 19$
$P_2 — 16 — 17$
$P_3 — 11 — 12\ ;\ 4 — 9$
Rămân libere :
2, 5, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 18

La 3000 rot/min ne putem aştepta la o inducţie foarte mare în jugul statorului, din care cauză trebue aleasă distanţa pasului bobinajului mai mare la viteza mică $y = 1 — 8$ (7).

Se calculează coeficientul de înfăşurare pentru fiecare viteză.

$$K = \left[\frac{2}{3}\,\frac{\sin\left(90\,\frac{3}{9}\right)}{3\sin\left(\frac{90}{9}\right)} \cdot \frac{1}{3}\,\frac{\sin\left(90\,\frac{3}{9}\right)}{3\sin\left(\frac{90}{9}\right)} \cdot 0{,}865\right] \cdot$$

$$\cdot \sin\left(90\,\frac{7}{6}\right) = 0{,}925 \cdot 0{,}965 = 0{,}89$$

rotunjim la 40 pentru a putea folosi bobinaj în două straturi.

Se măreşte coeficientul de umplere la $K_{ump} = 0{,}41$. Suprafaţa crestăturii umplute de conductori va fi $0{,}41 \cdot 162 = 66{,}5$ mm².

Secţiunea conductorului izolat este :

$$s_i = \frac{66{,}5}{40} = 1{,}66 \text{ mm}^2,$$

de unde : $\Phi_i = 1{,}45$ mm.

Se va întrebuinţa conductori PELBO cu $\Phi b/\Phi_i = 1{,}25/1{,}45$ mm, deci acelaşi conductor ca la motorul R 42/6.

Întrucât secţiunea conductorului şi densitatea curentului au rămas egale cu a motorului de serie R 42/6, puterea motorului cu trei viteze la viteză mică (1000 rot/min) va fi egală cu a motorului R 42/6, adică $P = 3{,}3$ kW, păstrându-i în acelaşi timp neschimbaţi şi indicii energetici.

Pentru a face calculul inducţiei în aer pentru $2p = 4$ λλ (adică $2a = 2$) trebue găsită rezistenţa bobinajului unei faze. La pasul de bobinare $y = 1-8$ (7) lungimea medie a spirei este $l_{med} = 0{,}51$ mm.

Numărul spirelor unei faze este :

$$W = \frac{40 \cdot 36}{2 \cdot 6} = 120$$

$$R_f = \frac{120 \cdot 0{,}51}{2 \cdot 46 \cdot 1{,}22} = 0{,}54 \text{ ohm.}$$

Admiţând densitatea curentului egală cu $\Delta_1 = 7{,}0$ A/mm, atunci $I_f = 7{,}0 \cdot 2 \cdot 1{,}22 = 17$ A. Căderea ohmică a tensiunii în bobinajul stator este $I_f R_f = 0{,}54 \cdot 17 = 9$ V

$$\tau = \frac{15{,}4 \cdot 3{,}14}{4} = 121 \text{ mm}$$

$$B_1 = \frac{(127 - 9)\, 10^8}{1{,}45 \cdot 10{,}5 \cdot 12{,}1 \cdot 120 \cdot 0{,}785} = 6850 \text{ gauss.}$$

La începutul articolului s'a arătat dependenţa care trebue să existe între inducţia în aer la viteză mare şi inducţia în aer la viteză mică, conform relaţiei :

$$B_l \approx \sqrt{\frac{P}{P_0}}\, B_{l0}.$$

Cu ajutorul acestei formule se poate verifica dacă inducţia obţinută la $p = 4$ corespunde :

$$B_{l\,2p=4} = \sqrt{\frac{4}{6}}\, 8200 = 6650 \text{ gauss.}$$

Valorile obţinute (6850 şi 6650) fiind foarte apropiate, condiţia e satisfăcută.

Rezistenţa bobinajului la $2p = 2\,\Delta$ $(2a = 1)$, lungimea medie a spirei fiind 0,51 m şi $W_1 = 240$ spire, este :

$$R_f = \frac{240 \cdot 0{,}51}{46 \cdot 1{,}22} = 2{,}18 \text{ ohm}$$

admiţând

$$\Delta_1 = 7{,}5 \text{ A/mm}^2 I_f = 7{,}5 \cdot 1{,}22 = 9{,}2 \text{ A}$$

$$I_f \cdot R_f = 9{,}2 \cdot 2{,}18 = 20 \text{ V.}$$

$$\tau = \frac{154 \cdot 3{,}14}{2} = 242 \text{ mm}$$

$$B_l = \frac{(220 - 20)\, 10^8}{1{,}45 \cdot 10{,}5 \cdot 242 \cdot 240 \cdot 0{,}545} = 4150 \text{ gauss}$$

Se verifică valoarea obţinută :

$$B_{l\,2p=2} = \sqrt{\frac{2}{6}} \cdot 8100 = 4650 \text{ gauss.}$$

Valoarea obţinută de 4150 gauss fiind cu puţin mai mică decât cea rezultată la verificare, este necesară reducerea inducţiei în aer pentru ca valorile inducţiei în jugul statorului să nu depăşească limitele admisibile.

Intr'adevăr, inducţia în jugul statorului este egală cu :

$$B_{j\,2p=2} = \frac{B_1 \cdot 0{,}64 \cdot \tau}{1{,}85\, h j_1} = \frac{4150 \cdot 0{,}64 \cdot 242}{1{,}85 \cdot 24} = 14500$$

gauss valoare prea mare care măreşte pierderile în fier şi curentul în gol, reduce randamentul şi cos φ a motorului la 3000 rot/min.

Schema comutatorului de poli este arătată în fig. 4.

★

ДВИГАТЕЛИ С БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ СКОРОСТЕЙ

Резюме

Практический метод который позволяет переделывать асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в двигатели с 2, 3 и 4 скоростями, посредством изменения обмотки. Метод может быть использован как заводами изготовляющими электромашины, так и ремонтными мастерскими.

Метод был рекомендован инж. А. М. Харитоновым и был описан в журнале „Промышленная энергетика“ № 1/1951 г.

★

ASUPRA CALCULULUI PUTERII IN CURENT ALTERNATIV CU AJUTORUL CANTITĂȚILOR COMPLEXE

Conf. dr. ing. ION S. ANTONIU

Autorul arată, printr'o demonstrație simplă, originală, că regula de calcul a puterii în curent alternativ cu ajutorul cantităților complexe este complet justificată.

Fie dat un circuit electric la bornele căruia se aplică tensiunea alternativă sinusoidală :

$$u = U\sqrt{2}\cos(\omega t + \alpha) \quad \text{V}$$

și care absoarbe curentul alternativ sinusoidal :

$$i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \beta) \quad \text{A.}$$

Puterea absorbită de circuit este dată de relația :

$$\bar{S} = P \pm jQ \qquad \text{VA}$$

în care S — puterea aparentă în VA ;
P — puterea activă în W ;
Q — puterea reactivă în VAR,

semnul + corespunzând unui circuit inductiv (puterea reactivă absorbită și semnul — corespunzând unui circuit capacitiv (puterea reactivă produsă).

Dacă se exprimă tensiunea și curentul în cantități complexe avem :

$$\left.\begin{aligned} \bar{U} &= U\underline{|\alpha} \\ \bar{I} &= I\underline{|\beta} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Regula de calcul a puterii este următoarea : se înmulțește vectorul tensiunii cu *vectorul conjugat* al curentului și se obține puterea aparentă absorbită de circuit sub forma :

$$\bar{S} = P + jQ.$$

Dacă circuitul este capacitiv, atunci se înmulțește vectorul conjugat al tensiuni cu vectorul curentului și se obține puterea aparentă absorbită sub forma :

$$\bar{S} = P - jQ.$$

In aceste expresii, P, Q și semnul respectiv au semnificațiile date mai sus.

Unii autori afirmă că acest procedeu de calcul, deși singurul posibil, nu este justificat și reprezintă partea slabă a calculului cu cantități complexe la studiul curentului alternativ. Majoritatea autorilor trec sub tăcere această chestiune, mulțumindu-se să enunțe doar regula.

Afirmația de mai sus nu este justificată și regula de calcul are o bază, a cărei demonstrație nu am găsit-o dată până acum în niciun tratat de Electrotehnică sau lucrare privind utilizarea cantităților complexe în electrotehnică.

Fie :

$$\varphi = \alpha - \beta \qquad (2)$$

decalajul între tensiune și curent, în cazul unui circuit inductiv. Puterea absorbită de circuit se poate scrie :

$$\bar{S} = P + jQ = UI(\cos\varphi + j\sin\varphi) = UI\underline{|\varphi} \qquad (3)$$

ținând seama de relațiile (1) și (2), relația (3) poate fi scrisă succesiv.

$$\bar{S} = UI\underline{|\varphi} = UI\underline{|\alpha - \beta} = U\underline{|\alpha} \cdot I\underline{|-\beta} = \bar{U}\cdot\bar{I}^*$$

în care $\bar{I}^*$ este vectorul conjugat al vectorului curent.

In cazul când circuitul este capacitiv, atunci tensiunea este decalată în urma curentului și unghiul φ este negativ. Procedând ca mai sus, se găsește succesiv :

$$\bar{S} = UI\underline{|-\varphi} = UI\underline{|-\alpha+\beta} = \bar{U}\underline{|-\alpha}\cdot I\underline{|\beta} = \bar{U}^*\bar{I},$$

$\bar{U}^*$ fiind vectorul conjugat al vectorului tensiune.

Cum :

$$\bar{S} = UI\underline{|-\varphi} = \bar{U}\bar{I}(\cos\varphi - j\sin\varphi) = P - jQ$$

rezultă că și a doua regulă este justificată.

Rezultă din cele ce preced, că regulile de utilizare ale calculului circuitelor de curent alternativ cu ajutorul cantităților complexe, sunt justificate pentru toate operațiile ce se fac cu acest prețios instrument matematic.

★

О РАСЧЕТЕ МОЩНОСТИ В ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ ПОСРЕДСТВОМ КОМПЛЕКСНЫХ КОЛИЧЕСТВ

Резюме

Автор показывает посредством оригинального, простого доказательства, что правило расчета мощности в переменном токе при помощи комплексных количеств является вполне справедливым.

★

EVAPORAREA FILAMENTELOR DE WOLFRAM INCĂLZITE IN CURENT ALTERNATIV

Dr. R. GRIGOROVICI şi Ing. ALEX. ROTH

Se formulează relaţiile dintre viteza de evaporare şi temperatura filamentului de wolfram. Se deduc apoi formule care pun în evidenţă influenţa curentului alternativ, trăgând concluzia că această influenţă este importantă la firele subţiri şi poate fi neglijată numai la firele groase.

Problema evaporării filamentelor de wolfram încălzite în curent alternativ prezintă o mare importanţă în legătură cu influenţa felului curentului — continuu sau alternativ, asupra duratei lămpilor cu incandescenţă şi electronice şi a prescripţiilor de încercare corespunzătoare.

Intr'adevăr, evaporarea wolframului până la o anumită fracţiune din greutatea iniţială a filamentului, determină „arderea lămpii" (1).

Influenţa felului curentului asupra duratei de ardere a lămpilor cu incandescenţă a fost uneori afirmată (2) alteori negată (3). Totuşi încercările de durată ale lămpilor de uz general se fac întotdeauna în curent alternativ (4).

In cele ce urmează vom căuta să lămurim pe cale de calcul această problemă.

a) *Evaporarea.* Cantitatea de materie dM, care se evaporă în timpul elementar dt, depe un fir de diametru iniţial d şi lungime l, aflat la temperatura absolută T, este :

$$dM = \frac{\tau \sqrt{\mu}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L}} \pi \cdot d \cdot l \frac{p}{\sqrt{T}} dt$$

în care : p — presiunea vaporilor saturaţi ai metalului, în mm Hg la temperatura absolută T ;

μ — greutatea atomică a metalului (pentru wolfram $\mu = 184$) ;

k — constanta lui Boltzmann ($k = 1{,}371 \times 10^{-16}$ erg/°K) ;

L — numărul lui Avogadro ($L = 6{,}0244 \cdot 10^{23}$) molecule/mol) ;

τ — coeficientul de transmisie al suprafeţei = 1

Ţinând cont că :

$$\frac{\tau}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 1{,}371 \cdot 10^{-16} \cdot 6{,}0244 \cdot 10^{23}}} = 5{,}862 \cdot 10^{-2}$$

putem scrie :

$$dM = 5{,}862 \cdot 10^{-2} \frac{p}{\sqrt{T}} \sqrt{\mu} \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot dt \qquad (1)$$

b) *Presiunea de saturaţie, evaporarea şi temperatura.* Relaţia teoretică dintre presiunea de saturaţie p şi temperatura T se poate scrie :

$$\log p = K - 0{,}5 \log T - \frac{C}{T}$$

în care pentru wolfram $K = 11{,}62$ mm Hg şi $C = 41 \cdot 500$ (5).

Expresia se mai poate scrie :

$$\log (p \cdot \sqrt{T}) = K - \frac{C}{T}$$

sau transpunând-o în logaritmi naturali :

$$\ln (p \cdot \sqrt{T}) = 2{,}3026 \left(K - \frac{C}{T}\right)$$

respectiv :

$$p \cdot \sqrt{T} = e^{2{,}30\,K} \cdot e^{-\frac{2{,}30\,C}{T}} = 10^{K} \cdot e^{-\frac{2{,}30\,C}{T}}.$$

Pentru un domeniu suficient de îngust de temperaturi (± 100°K) se poate scrie :

$$\ln \frac{e^{-\frac{a}{T_1}}}{e^{-\frac{a}{T_2}}} = \ln e^{-a\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}} = a \frac{\Delta T}{Tm^2}$$

iar :

$$\ln \frac{T_1^{a/Tm}}{T_2^{a/Tm}} = a \cdot \ln \frac{T_1}{T_2} = \frac{a}{Tm} \Delta \ln T$$

prin egalare obţinându-se :

$$\frac{\Delta T}{T} = \Delta \ln T$$

ceeace este valabil pentru variaţii relative $\frac{\Delta T}{T}$ suficient de mici.

Deci :

$$\frac{e^{-\frac{a}{T_1}}}{e^{-\frac{a}{T_2}}} = \frac{T_1^{\frac{a}{\sqrt{T_1 T_2}}}}{T_2^{\frac{a}{\sqrt{T_1 T_2}}}} = \frac{T_1^{a/Tm}}{T_2^{a/Tm}}$$

sau :

$$e^{-\frac{2{,}30\,C}{T}} = (e \cdot Tm)^{-\frac{2{,}30\,C}{Tm}} \cdot T^{\frac{2{,}30\,C}{Tm}}$$

iar :

$$p \cdot \sqrt{T} = 10^{K} (e\,Tm)^{-\frac{2{,}30\,C}{Tm}} \cdot T^{\frac{2{,}30\,C}{Tm}}$$

unde :

$$10^{K} = 4{,}169 \times 10^{11}$$
$$2{,}3026\,C = 95560$$

Impărţind cu T se obţine :

$$\frac{p}{\sqrt{T}} = 4{,}169 \cdot 10^{11} (e\,Tm)^{-\frac{95560}{Tm}} \cdot T^{\frac{95560}{Tm} - 1} \qquad (2)$$

Inlocuind relaţia (2) în (1) rezultă :

$$dM = 3{,}315 \cdot 10^{11} (e\,Tm)^{-\frac{95560}{Tm}} \cdot T^{\frac{95560}{Tm} - 1} \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot dt.$$

Masa evaporată pe secundă și cm² în g este prin urmare :

$$M = B \cdot T^a$$

relație valabilă pentru un fir drept. Dacă se ține cont și de spiralizarea firului :

$$M = E_v \cdot B \cdot T^a$$

unde E_v este un coeficient care exprimă micșorarea suprafeței efective de evaporare datorită spiralizării. E_v reprezintă raportul dintre energia radiată de filamentul spiralizat și cea radiată de un filament nespiralizat și este egal cu raportul dintre unghiul solid mediu în care un atom evaporat dintr'un punct oarecare al filamentului spiralizat, întâlnește în drumul său o altă porțiune a filamentului și unghiul solid total 4π. Se presupune deci că orice atom de wolfram care atinge filamentul se condensează pe suprafața sa. Acest coeficient se poate calcula (6) din relația :

$$E_v = \frac{pi + pe}{2} \qquad (3)$$

unde :

$$pi = (Mi + Ni \cdot P)\, F \qquad (3')$$

$$pe = (Me + Ne \cdot P)\, F \qquad (3'')$$

iar

$$P = \frac{1}{(x+2)^2} \qquad F = \frac{x+2}{\sqrt{\frac{\pi^2 (x+1)^2}{s^2} + 1}}$$

$$Mi = \frac{8}{\pi \cdot s^2}\sqrt{s^2 - 1} + \frac{8}{\pi s^2} \arcsin \frac{1}{s} - \frac{4}{s^2}$$

$$Me = \frac{4}{\pi s^2}\sqrt{s^2 - 1} + \frac{4}{\pi} \arcsin \frac{1}{s}$$

$$Ni = \frac{4}{3\pi}\left(1 - \frac{1}{s^2}\right)\sqrt{s^2 - 1} + \frac{1}{\pi} \arcsin \frac{1}{s^2} - 0{,}5$$

$$Ne = \frac{1}{\pi s^2}\sqrt{s^2 - 1}$$

în care :

$$x = \frac{D}{d} \qquad s = \frac{S}{d}$$

Din fig. 1 rezultă semnificațiile lui D, d și S. Valorile lui E_v variază între 1 și 0,5.

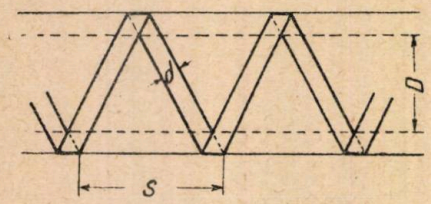


Fig. 1. Dimensiunile unei spirale.

Formula evaporării devine astfel pentru un fir spiralizat :

$$M = E_v \cdot BT^a$$

în care :

$$a = \frac{95560}{Tm} - 1$$

$$B = 3{,}315 \cdot 10^{11}\, (e\, Tm)^{-\frac{95560}{Tm}}$$

Tabela 1 cuprinde valorile lui a și B pentru diferite temperaturi folosite în lămpi cu vid.

Tabela 1

Tm (°K)	a	B
2100	44,504	$3{,}841 \cdot 10^{-160}$
2200	42,436	$2{,}988 \cdot 10^{-153}$
2300	40,547	$6{,}417 \cdot 10^{-147}$
2400	38,816	$4{,}390 \cdot 10^{-141}$
2500	37,224	$1{,}090 \cdot 10^{-135}$
2600	35,753	$1{,}118 \cdot 10^{-130}$

Valoarea lui a — rezultată din calculele de mai sus — de aprox. 39 la 2400°K este în bună concordanță cu datele experimentale asupra evaporări wolframului (4) (7) (8).

Toate relațiile de mai sus sunt stabilite fără a ține seama de eventuala influență a periodicității curentului alternativ, deci *sunt riguros valabile pentru curent contiuu.*

c) *Iufluența curentului alternativ.* Trecerea unui curent alternativ prin firul de wolfram produce fluctuații de temperatură. Dacă : m — masa firului ; c_p — căldura sa specifică la presiune constantă (cal/g) ; r — rezistența electrică a firului ; $i . \sin \omega t$ — curentul care străbate firul ; E — energia pierdută (prin radiație sau convecție) de unitatea de suprafață în unitatea de timp.

Cantitatea de căldură înmagazinată de fir într'un interval de timp dt prin creșterea de temperatură dT va fi :

$$m \cdot c_p \cdot dT = 0{,}23899\, (i^2\, r \sin \omega t - E)\, dt$$

Dacă punem :

$$\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\,\omega t}{2}$$

și integrăm, obținem :

$$\int_{T_0}^{T} m \cdot c_p \cdot dT = 0{,}23899 \int_{0}^{t} \left(i^2\, r \frac{1 - \cos 2\,\omega t}{2} - E \right) dt$$

adică :

$$m \cdot (c_p \cdot T - c_{p0}\, T_0) = 0{,}23899 \left\{ \left(\frac{i^2\, r}{2} - E \right) t - \frac{i^2\, r}{4\omega} \sin 2\,\omega t \right\}$$

unde indicele o indică valorile pentru $t = 0$, respectiv $i = 0$, r și E fiind presupuse constante.

Primul termen din dreapta se anulează, în stare staționară energia primită fiind egală cu cea radiată sau pierdută în general.

Dacă luăm pentru c_p o valoare medie, obținem o fluctuație de temperatură :

$$\Delta T = T - T_0 = -\frac{0{,}23899}{4} \frac{i^2\, r}{\omega \cdot m \cdot c_p} \sin 2\,\omega t = -\vartheta \cdot \sin 2\,\omega t$$

de formă sinusoidală, de frecvenţă de două ori mai mare ca a curentului alternativ şi de amplitudine ϑ, dată de relaţia :

$$\vartheta = \frac{0{,}23899}{4} \frac{i^2 r}{\omega \cdot m \cdot c_p} = \frac{0{,}23899\, P_0}{4 \cdot \omega \cdot m \cdot c_p}$$

unde P_0 este puterea lămpii în waţi.

In fig. 2 curba întreruptă redă această variaţie pentru $T = 2300^0$K şi $\vartheta = 80^0$K.

Dacă se ţine seama de variaţia rezistenţei şi a energiei radiate cu temperatura, mai rezultă şi o defazare între curent şi temperatură, mică în

sau, folosind căldura atomică $c_\mu = \mu \cdot c_p$:

$$\vartheta = \frac{0{,}478 \cdot \mu \cdot W_0}{k \cdot \omega \cdot c_\mu \cdot D \cdot d} \qquad (4)$$

c_μ variază linear cu temperatura, fiind (3) egal pentru wolfram cu 7,0 cal/atomgram la 2000°K şi 9,5 cal/atomgram la 2500°K.

Exprimând analitic variaţia lineară, rezultă :

$$c_\mu - 7 = \frac{9{,}5 - 7}{2500 - 2000} (T - 2000)$$

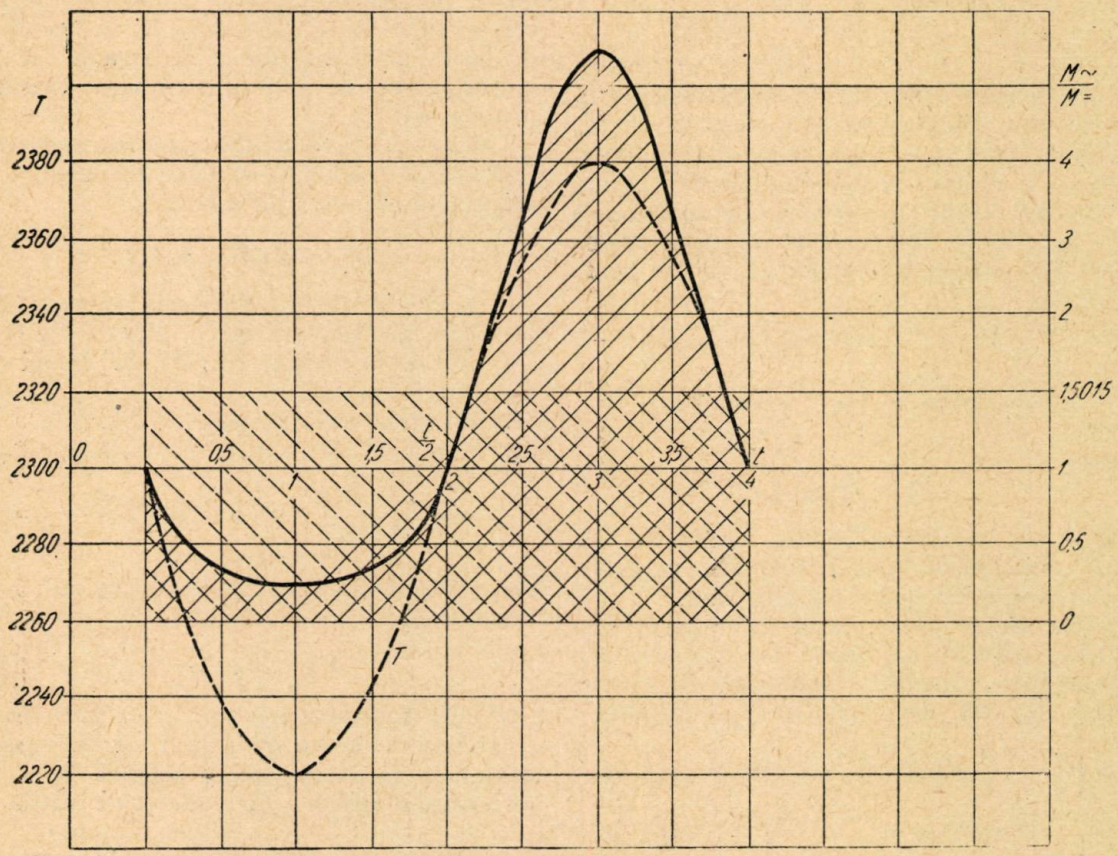


Fig. 2. Reprezentarea grafică a variaţiei temperaturii filamentului şi a raportului dintre viteza de evaporare în curent alternativ şi continuu, în cursul unei perioade.

toate cazurile practice, şi care nu ne interesează aici.

Din energia electrică primită, numai o fracţiune oarecare K este radiată. (Pentru lămpi de vid cu filament drept sau spiralizat, pentru tensiuni cuprinse între 110 şi 220 V k are valoarea 0,92, adică 92% din energia primită este radiată). Deci

$$k \frac{i^2 r}{2} = \pi d \cdot 1 \cdot W_0,$$

unde W_0 este puterea radiată de unitatea de suprafaţă în waţi, iar d şi l sunt diametrul şi lungimea firului.

Deoarece masa firului este pe de altă parte :

$$m = \frac{\pi d^2}{4} D \cdot 1$$

putem scrie :

$$\vartheta = \frac{0{,}478\, W_0}{k \cdot \omega \cdot c \cdot d \cdot D}$$

expresie care, ordonată, dă relaţia între c_μ şi T :

$$c_\mu = 5 \cdot 10^{-3}\, T - 3 \qquad (5)$$

Folosind în relaţia (4) valorile :

$$\mu = 184$$

$$D = 19{,}3$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314$$

formula (3) se reduce la :

$$\vartheta = 0{,}0145 \frac{W_0}{k \cdot c_\mu} \frac{1}{d} = \frac{\gamma}{k \cdot d} \qquad (6)$$

Valorile numerice ale lui c_μ, W_0, $\frac{W_0}{c_\mu}$ şi γ pentru

diferite temperaturi ale unui fir drept în vid, sunt cele din tabela 2 :

Tabela 2

T (°K)	c_μ	W_0	$\frac{W_0}{c_\mu}$	γ
2100	7,5	30,45	4,06	0,0590
2200	8,0	38,20	4,77	0,0620
2300	8,5	47,20	5,56	0,0806
2400	9,0	57,70	6,42	0,0930
2500	9,5	69,80	7,34	0,1062
2600	10,0	83,80	8,38	0,1215

Din aceste date s'au calculat amplitudinile ϑ, pentru diverse temperaturi în ipoteza $k = 0{,}92$, obţinându-se pentru ϑ valori între 30 şi 100°K

Viteza de evaporare în curent alternativ, fiind, după cum am arătat, aproximativ proporţională cu T^{39}, la 2400°K, temperatură în jurul căreia se situează majoritatea lămpilor cu vid, se poate scrie :

$$M \approx c \cdot T^{39} = c\,(T_0 - \vartheta \sin 2\,\omega t)^{39} = c\,T_0^{39}\left(1 - \right.$$

$$\left. - \frac{\vartheta}{T_0} \sin 2\,\omega t\right)^{39} = M_{=}\left(1 - \frac{\vartheta}{T_0} \sin 2\,\omega t\right)^{39}$$

deoarece :

$$T = T_0 - \vartheta \sin 2\,\omega t$$

în care ϑ are valoarea dată de relaţia (6), iar $M_\sim$ şi $M_=$ înseamnă viteza de evaporare în curent alternativ, respectiv în curent continuu.

Raportul dintre viteza reală de evaporare în curent alternativ $M_\sim$ şi viteza de evaporare $M_=$ la temperatura medie (constantă în curent continuu) T_0, este deci (pentru $T_0 = 2400$°K) :

$$\frac{M_\sim}{M_=} = \left(1 - \frac{\vartheta}{T_0} \sin 2\,\omega t\right)^{39} = 1 - 39\,\frac{\vartheta}{T_0} \sin 2\,\omega t +$$

$$+ \frac{39 \cdot 38}{2}\left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^2 \sin^2 2\,\omega t - \frac{39 \cdot 38 \cdot 37}{2 \times 3}\left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^3 \sin^3 2\,\omega t +$$

$$+ \frac{39 \cdot 38 \cdot 37 \cdot 36}{2 \cdot 3 \cdot 4}\left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^4 \sin^4 2\,\omega t - \ldots \qquad (7)$$

Termenii de puteri impare în $\sin 2\,\omega t$ se anulează în medie pentru o perioadă, şi deoarece :

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^2 2\,\omega t \cdot \mathrm{d}t = \frac{1}{2}$$

şi

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^4 2\,\omega t \cdot \mathrm{d}t = \frac{3}{8}$$

relaţia (7) devine :

$$\frac{M_\sim}{M_=} = 1 + \frac{39 \cdot 38}{2} \cdot \frac{1}{2}\left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^2 + \frac{39 \cdot 38 \cdot 37 \cdot 36}{24} \cdot$$

$$\cdot \frac{3}{8}\left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^4 + \cdots = 1 + K_1 \cdot \left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^2 \qquad (8)$$

în care $K_1 = \frac{a\,(a-1)}{4}$ unde a are valorile din tabela 1. Că alimentarea cu curent alternativ duce în ansamblu la mărirea evaporării la egală temperatură medie, realizată la alimentare cu curent continuu, rezultă din fig. 2, în care curba plină indică variaţia raportului :

$$\frac{M_\sim}{M_=} = \frac{T^a}{T_0^a}$$

în timpul unei perioade. Se observă că suprafeţele cuprinse sub cele două ramuri ale curbei $M_\sim/M_=$ nu sunt egale, adică surplusul de atomi evaporaţi în semiperioada cât temperatura este mai mare decât cea medie, nu este compensat prin reducerea din cealaltă semiperioadă. In cazul arătat în fig. 2 valoarea medie a raportului M_1/M corespunde valorii 1,50 pentru care există compensare exactă.

Calculând valorile K_1 pentru temperaturile dintre 2100—2600°K, se vede că acestea pot fi exprimate prin relaţia analitică :

$$K_1 = 1123 - 0{,}314\,T.$$

In toate cazurile practice seria (8) poate fi redusă la primii doi termeni cu o abatere de cel mult 3% asupra raportului $M_\sim/M_=$ la lămpi de putere foarte redusă.

Mai putem scrie că puterea W_0 radiată în vid de un filament de wolfram este dată de relaţia (8) :

$$W_0 = 57{,}7\left(\frac{T}{2400}\right)^{4{,}7} = 7{,}485 \times 10^{-15} \cdot T^{4{,}7} = \sigma \cdot T^{4{,}7}$$

unde ţinând seama şi de efectul spiralizării, prin factorul E_n :

$$W_0 = E_n \cdot \sigma \cdot T^{4{,}7} \qquad (9)$$

E_n are aceeaşi semnificaţie ca şi Ev—relaţia (3) ţinând însă seama de faptul că radiaţiile spre deosebire de atomi suferă reflexii pe suprafaţa interioară a spiralei. E_n este dat de relaţia :

$$E_n = \frac{p_i}{2\,(A_t + R_t \cdot p_i)} + \frac{p_e}{2\,(A_t + R_t \cdot p_e)} \qquad (10)$$

unde $A_t = 0{,}3$ este factorul de absorbţie al wolframului şi $R_t = 1 - A_t = 0{,}7$ este factorul său de reflexie, iar p_i şi p_e rezultă din relaţiile (3') şi (3''). Valoarea coeficientului E_n variază pentru diferite spirale între 1 şi 0,6.

Prin înlocuirea relaţiilor (5) şi (9) în (6) obţinem :

$$\vartheta = 0{,}0145\,\frac{W_0}{k \cdot c_\mu \cdot d} =$$

$$= 1{,}085 \cdot 10^{-16}\,\frac{E_n}{k}\,\frac{T^{4{,}7}}{(5 \cdot 10^{-3}\,T - 3)\,d} \qquad (11)$$

iar relaţia (8) devine

$$\frac{M_\sim}{M_=} = 1 + k_1\left(\frac{\vartheta}{T_0}\right)^2 =$$

$$= 1 + \frac{1{,}180 \cdot 10^{-32}}{k^2}\,\frac{1123 - 0{,}314\,T}{(0{,}005\,T - 3)^2}\,T^{7{,}4}\,\frac{\cdot}{d^2}$$

sau

$$\frac{M_\sim}{M_=} = 1 + 0{,}85\ \frac{A}{k^2 d^2} = 1 + \frac{X}{d^2} \qquad (12)$$

în care

$$A = Q \cdot E_n^2$$

$$Q = 1{,}392 \cdot 10^{-32}\ \frac{1123 - 0{,}314\,T}{k^2\,(0{,}005\,T - 3)^2}\ T^{7{,}4}\ .$$

Valorile factorilor Q şi X pentru $k = 0{,}92$ şi $E_n = 1$ (adică lămpi normale cu filament nespiralizat) în funcţie de T, sunt redate în tabela 3 :

Tabela 3

T	Q	X
2100	$4{,}401 \cdot 10^{-7}$	$3{,}74 \cdot 10^{-7}$
2200	$5{,}198 \cdot 10^{-7}$	$4{,}40 \cdot 10^{-7}$
2300	$5{,}803 \cdot 10^{-7}$	$4{,}93 \cdot 10^{-7}$
2400	$6{,}542 \cdot 10^{-7}$	$5{,}55 \cdot 10^{-7}$
2500	$7{,}110 \cdot 10^{-7}$	$6{,}06 \cdot 10^{-7}$
2600	$7{,}972 \cdot 10^{-7}$	$6{,}75 \cdot 10^{-7}$

Cu ajutorul datelor din această tabelă s'au calculat valorile raportului $M_\sim/M_=$ reprezentate în fig. 3, în funcţie de diametrul filamentului de wolfram şi cu temperatura ca parametru.

Din figură rezultă că influenţa curentului alternativ asupra evaporării este remarcabilă la lămpi de mică putere (5—15 W) sau la alte lămpi cu filament subţire, putând reduce durata lor cu mai mult de 50%, dar că această influenţă devine neglijabilă la limita superioară de putere a lămpilor de vid (40—60 W) când ajunge la numai 2%.

Concluzia trasă de Cath (3) că influenţa curentului alternativ asupra evaporării poate fi neglijată, este falsă şi se bazează pe o greşeală în modul de a face media cantităţii de material evaporat. Intr'adevăr, autorul citat face media logaritmului acestei cantităţi în cursul unei perioade, valoare care evident nu poate diferi apreciabil de valoarea calculată pentru temperatura medie.

Recomandaţia de a folosi curent alternativ pentru încercarea la durată a lămpilor cu uz general, este deci justificată în principiu şi nu numai din motive de comoditate a realizării oricărei tensiuni dorite cu ajutorul transformatorilor.

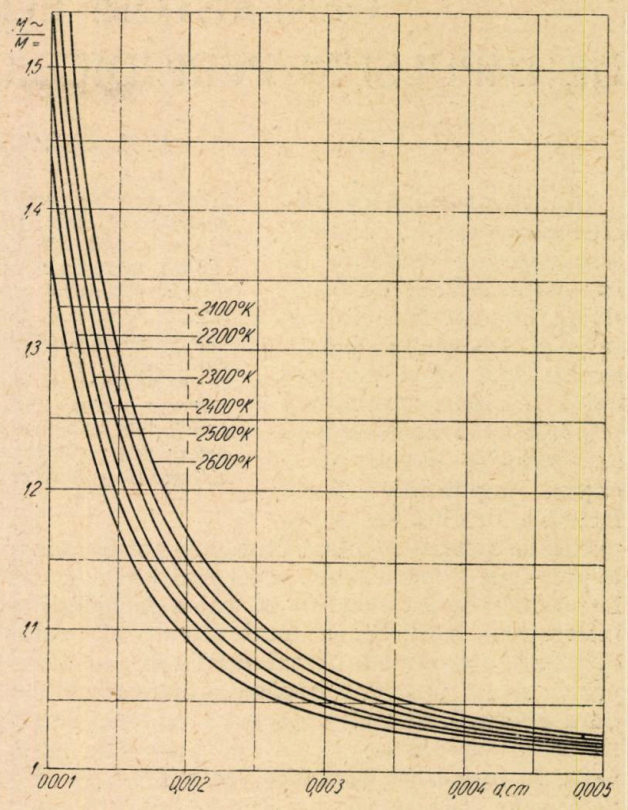


Fig. 3. Variaţia raportului $\frac{M_\sim}{M_=}$ funcţie de diametrul filamentului şi temperatura lui.

Deasemenea în proectarea lămpilor cu filament incandescent trebue să se ţină seama de natura curentului de alimentare.

Bibliografie

(1) *Voznecenskaia Z. S., Soustin V. F.*: Jurn. tehn. fiz IX/5, 1939.
(2) *Corbino O.*: Fiz. Z. XI. p. 413. 1910.
(3) *Cath P. G.*: De Ingenieur 50 E. p. 101, 1935.
(4) *Ulmişec L. G.*: Fabricarea lămpilor cu incandescenţă. Gosenergoizdat, Moscova, 1949.
(5) *Coroliov V. J.*: Bazele tehnicei vidului. Gosenergoizdat, Moscova, 1950.
(6) *Lax E., Runge I.*: Z. tehn. fiz. 6 p. 317, 1925.
(7) *Jones, Langmuir*: Fiz. Rev. 30 p. 211, 1927.
(8) *Espe V., Cnoli M.*: Tehnologia materialelor de electrovacuum. Oboronghiz, Moscova, 1939.

★

ИСПАРЕНИЕ ВОЛЬФРАМОВСКИХ НИТЕЙ НАКАЛА ПРИ НАГРЕВЕ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

Резюме

Формулируется зависимость между скоростью испарения и температурой вольфрамовской нити накала. Затем выводятся формулы которые выявляют влияние переменного тока, и приходят к заключению что это влияние имеет важное значение для тонких нитей, но можно им пренебречь при нитях толстых.

★

GENERATORI ELECTROMAGNETICI DE IMPULSURI PERIODICE DE FRECVENŢE INDUSTRIALE

M. S. MIHAILOV-MIKULINSKI

Intr'o serie de cazuri se folosesc impulsuri periodice obţinute prin întreruperea curentului continuu sau alternativ, cu ajutorul unor ruptori electronici sau ionici, sau folosind diferite dispozitive statice sau electromagnetice. In articol se arată că impulsuri periodice de durată, frecvenţă, formă etc. diferite, pot fi generate de maşini electrice simple ca construcţie şi sigure în exploatare. Se propune o clasificare a impulsurilor şi a sistemelor de utilizare a lor. Se face descrierea principiului de funcţionare şi a diferitelor sisteme de generatori.

In multe domenii ale tehnicii contemporane se folosesc impulsuri electrice de frecvenţă industrială. Condiţiile impuse formei, duratei şi frecvenţei impulsurilor sunt cu totul specifice. In raport cu nevoile şi posibilităţile tehnice, se folosesc diferite moduri de a obţine impulsurile. Toate metodele de obţinere a impulsurilor pentru scopuri industriale pot fi reduse la patru procedee. Primul şi cel mai vechi constă în producerea impulsurilor pe calea închiderii şi întreruperii periodice a unui circuit alimentat dela surse obişnuite de curent continuu sau alternativ. Acest procedeu îşi găseşte aplicarea la sudura electrică. Al doilea procedeu constă în transformarea energiei de curent continuu sau alternativ în impulsuri periodice, prin folosirea dispozitivelor electronice de diferite feluri. Acest procedeu este mai complicat decât primul, dar acordă în schimb posibilităţi destul de largi de variaţie a parametrilor impulsurilor şi-şi găseşte aplicarea în instalaţii de curenţi slabi ş.a. Al treilea procedeu constă în folosirea dispozitivelor electromagnetice pentru transformarea curentului alternativ în impulsuri. Ca reprezentant al acestei grupe poate servi transformatorul de vârf.

Cele trei procedee mai sus arătate se reduc în fond la transformarea energiei electrice, dată de o sursă obişnuită, în energia impulsurilor. Este posibil însă, să se obţină impulsuri şi pe calea generării lor directe, ceeace formează tocmai cel de al patrulea procedeu. In multe cazuri, generarea impulsurilor constitue soluţia cea mai simplă şi sigură. In acest articol, sunt expuse principiile de generare a impulsurilor cu ajutorul maşinilor electrice, analizându-se posibilităţile tehnice ale diferitelor feluri de generatori.

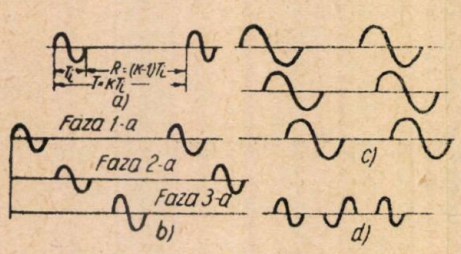


Fig. 1.

Clasificarea impulsurilor şi consumatorii acestora. Pentru a uşura analiza posibilităţilor diferitelor feluri de generatori, este indicat a se face clasificarea impulsurilor periodice şi a consumatorilor lor, după unele date caracteristice. Se notează durata impulsului cu T_i (fig. 1, *a*), iar timpul între începuturile a două impulsuri consecutive cu T. Raportul $\frac{T}{T_i} = k$ se va numi raport de multiplicitate. In diferite domenii ale tehnicii se cer impulsuri de diferite raporturi de multiplicitate. De exemplu, pentru sudura continuă prin rezistenţă de contact este nevoie de un raport K de ordinul a câtorva unităţi. Alţi consumatori necesită impulsuri cu raporturi de multiplicitate care ating, în unele cazuri, câteva zeci de unităţi. In funcţie de aceasta, pauza dintre impulsuri $P=T_i\ (K-1)$ rezultă relativ scurtă sau lungă. Se vor numi consumatorii cu o pauză $P\ 6-10$, consumatori cu o pauză scurtă, iar $P\ 10$ — consumatori cu pauză lungă.

Faţă de natura şi destinaţia lor, consumatorii pot fi : 1) monofazaţi, 2) polifazaţi şi 3) cu multe posturi.

Se numesc consumatori monofazaţi, consumatorii cu un singur circuit electric, iar polifazaţi, cei cu câteva circuite alimentate prin impulsuri independente de aceiaşi parametri T, T_i şi P, impulsurile din fiecare circuit fiind decalate în timp unul faţă de altul.

Impulsurile în fazele învecinate pot fi eşalonate în timp (succesiv alternate) fig. 1, *b*), sau se pot suprapune parţial (fig. 1, *c*). Conform cu aceasta, se va deosebi consumatori polifazaţi de impulsuri parţial suprapuse. Se pot întâlni consumatori cu câteva circuite independente, care să necesite impulsuri cu parametri T, T_i şi P egali. In acest caz, este indiferent dacă impulsurile în diferite circuite coincid în faze. Pe aceştia îi vom denumi consumatori cu mai multe posturi.

După cum se va arăta mai jos, generatorii de impulsuri pot da, după felul lor de construcţie, fie impulsuri conforme cu fig. 1, *a*, fie conforme cu fig. 1,*d*. Impulsurile din fig. 1, *a*, încep de fiecare dată cu semiperioade de acelaşi semn, iar cele din fig. 1, *d*, alternează ca semn. In unele cazuri, generatorii de impulsuri din fig. 1, *d*, sunt inapţi. De exemplu, dacă este nevoie de impulsuri de curent continuu de succesiune uniformă, este suficient a se lăsa să treacă prin detector impulsuri de forma celor din fig. 1, *a*. Pauza dintre impulsuri va fi $P-(k-0{,}5)\ T_i$. Dacă însă se vor detecta impulsuri de forma celor din fig. 1, *d*,

pauza va fi alternativă (fig. 2). Vom numi impulsurile de tipul celor din fig. 1, *d*, impulsuri bipolare.

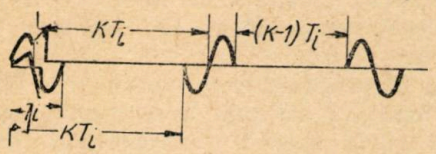


Fig. 2.

Generatori electromagnetici de impulsuri. Generarea impulsurilor electrice este posibilă numai cu ajutorul unor maşini electrice speciale, bazate pe principiul inducţiei electro-magnetice. Pentru generarea impulsurilor, este necesar ca fluxul total care străbate înfăşurarea, să varieze în decursul duratei T_i a impulsului şi să rămână în timpul pauzei P invariabil. Această condiţie poate fi satisfăcută de două tipuri de generatori : cu poli alternaţi şi unipolari.

Maşina cu poli alternaţi. Pe statorul maşinii este aşezată o bobină a cărei lăţime ocupă numai o parte a circonferinţei statorului (fig. 3). Rotorul

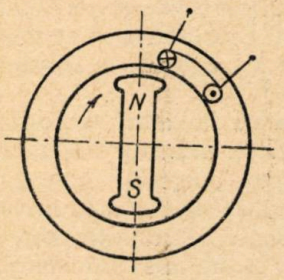


Fig. 3. Generator de impulsuri cu poli alternaţi.

are doi poli înguşti N şi S, ale căror piese polare sunt ceva mai înguste decât bobina. Atunci când polul în rotaţia lui se apropie de bobină, fluxul care o străbate creşte, atinge un maxim în momentul coinciderii axelor polilor şi bobinei, apoi scade pe măsură ce polul se îndepărtează. In consecinţă, va lua naştere în bobină un impuls de forţă electromotoare. La apropierea polului N, forţa electromotoare indusă va avea un anumit semn, iar la îndepărtare, semnul opus. Apoi se va apropia de bobină polul S, din care cauză va lua naştere în bobină un nou impuls de forţă electromotoare de semn contrar.

Impulsurile de acest gen sunt reprezentate în fig. 1, *d*. Dacă distanţa între poli este suficient de mare, vor rezulta între impulsurile succesive pauze.

Pe stator pot fi dispuse în diferite locuri mai multe bobine. Deoarece bobinele sunt decalate între ele, impulsurile induse vor fi eşalonate în timp. In funcţie de aşezarea reciprocă a bobinelor, impulsurile pot fi eşalonate în timp sau parţial suprapuse.

Astfel, generatorul cu poli alternaţi este un generator de impulsuri bipolare şi poate fi, în funcţie de înfăşurarea statorului, monofazat sau polifazat.

Generatorul cu poli alternaţi poate fi construit nu numai cu doi poli, ci şi cu $2p$ poli. Numărul impulsurilor în bobină în timpul unei rotaţii este egal cu numărul polilor rotorului.

Maşini unipolare. Construcţia cu inductor magnetic. Printr'o construcţie specială a sistemului magnetic, se poate crea dealungul circonferinţei statorului un câmp magnetic radial uniform, care intră în stator dintr'un cilindru de oţel aşezat în interiorul statorului şi concentric cu acesta. Intrefierul între cilindru şi faţa interioară a statorului este suficient de mare pentru a plasa în el un pahar din material nemagnetic. Intr'un loc paharul are un orificiu în care pătrunde o placă, care se va numi în cele ce urmează, inductor.

Dimensiunile inductorului sunt luate astfel, ca spaţiul între el şi faţa interioară a statorului, pe de o parte şi suprafaţa cilindrului de oţel, pe de altă parte, să fie suficient de mică. In asemenea caz, inducţia magnetică, la apropierea inductorului va fi ridicată. Dacă se va plasa pe stator o bobină, care să fie ceva mai lată decât inductorul (fig. 4) şi se va pune paharul cu inductor în rotaţie, fluxul care străbate bobina în timpul apropierii inductorului va creşte până la coinciderea axelor acestora şi va descreşte apoi până la un minim, pe măsură ce inductorul înaintează.

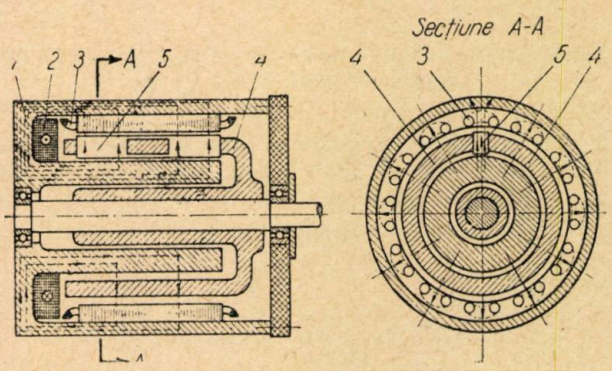


Fig. 4. Generator monopolar de impulsuri : *1* — culasă ; *2* — bobină de excitaţie ; *3* — bobina statorului ; *4* — pahar ; *5* — inductor.

Când inductorul se va îndepărta de bobină, fluxul din ea rămâne minim şi invariabil până la apropierea următoare. In timpul apropierii şi îndepărtării inductorului, ia naştere în bobină un

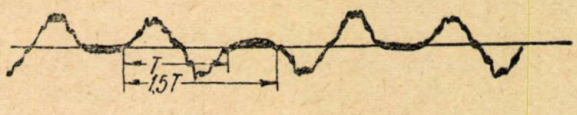


Fig. 5. Tensiunea unei faze a unui generator cu poli alternaţi, cu 9 faze ($R=1,5$ şi $P=0,5$).

impuls de forţă electromotrice. La fiecare apropiere, sensul de variaţie a fluxului este acelaşi şi toate impulsurile încep cu alternanţe de acelaşi semn (fig. 1, *a*). In ipoteza existenţei unui singur inductor, se va induce la fiecare rotaţie a paharului un singur impuls.

Astfel, construcţia mai sus examinată formează un generator cu impulsuri unipolare. Paharul

poate fi prevăzut cu câţiva inductori, în acest caz numărul impulsurilor pentru o rotaţie a paharului va fi egală cu numărul inductorilor.

Inductor magnetic. Intr'un generator cu inductor magnetic fluxul care străbate bobina creşte la apropierea inductorului şi scade din momentul îndepărtării lui. Se poate realiza însă un generator unipolar, la care apropierea inductorului să provoace descreşterea fluxului care străbate bobina. Pentru aceasta, trebue ca paharul să fie executat din oţel, iar inductorul să fie nemagnetic. Un astfel de inductor nemagnetic poate fi constituit dintr'o deschidere (fantă) făcută prin pahar, sau un şănţuleţ pe suprafaţa paharului. Procesul de lucru al unui astfel de generator este analog generatorului cu inductor magnetic.

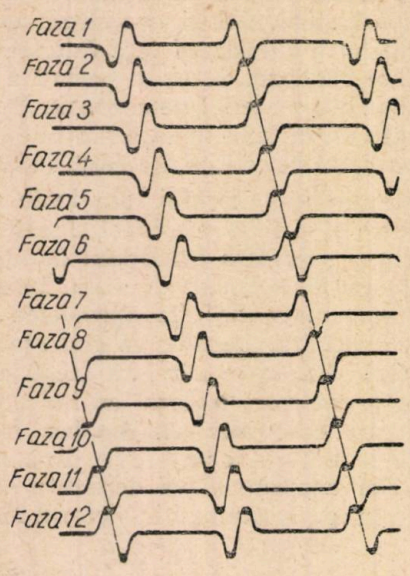


Fig. 6. Tensiunea tuturor fazelor la un generator cu 12 faze (cu poli alternaţi, $K=4$; $P=3$).

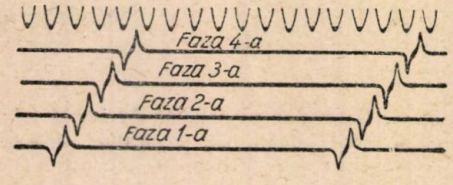


Fig. 7. Tensiunea a 4 faze la un generator unipolar cu 12 faze cu 12 faze ($K=12$, $P=11$).

Aprecierea comparativă a diferitelor sisteme de generatori. Pentru consumatorii care necesită impulsuri puternice sunt convenabili, în caz de pauză scurtă, generatori din sistemul cu poli alternaţi, dacă caracterul bipolar al impulsurilor nu va constitui un inconvenient. Greutatea maşinii şi cheltuiala de materiale active va fi mai mică decât la generatorii unipolari. Deosebit de avantajos este generatorul polifazat cu impulsuri parţial suprapuse.

Pentru alimentarea unor consumatori de mică putere, apar ca cei mai avantajoşi generatorii unipolari şi în special generatorii cu inductor magnetic. Avantaje destul de însemnate se obţin în cazul pauzelor lungi. Dimensiunile generatorului se reduc simţitor. Pentru un acelaşi număr de impulsuri pe secundă, generatorul se roteşte cu o viteză de două ori mai mare decât generatorul cu poli alternaţi, ceeace conduce la micşorarea dimensiunilor maşinii.

La un număr de impulsuri pe secundă şi mare raport de multiplicitate K, se pot ivi dificultăţi în realizarea paharului nemagnetic cu inductor magnetic. In special, pentru plasarea inductorului, paharul nemagnetic trebue tăiat dealungul generatricei sale, ceeace duce la o slăbire însemnată a rezistenţei mecanice a paharului. In acest caz, este indicat a se folosi pahare magnetice cu inductor nemagnetic. Inductorul poate fi executat sub forma unui şănţuleţ longitudinal pe suprafaţa paharului, fără ca tăietura să treacă prin peretele lui, fapt care va asigura o rezistenţă suficientă a paharului.

Generatorul cu inductor nemagnetic, este mai greu decât cel cu inductor magnetic. La generatorul cu inductor magnetic inducţia în întrefierul dintre cilindrul de oţel şi faţa interioară a statorului nu este mare. O inducţie mare are loc numai în apropierea unui inductor de dimensiuni relativmici. Deaceea şi fluxul total în stator este relativ mic.

Cu totul invers se petrec lucrurile într'o maşină cu inductor nemagnetic. Inducţia este peste tot mare, iar în apropierea inductorului ea este mică şi prin urmare, fluxul magnetic este relativ mare. Toate acestea conduc la un sistem magnetic greu într'o construcţie de acest gen a generatorului. De aceea este preferabilă varianta generatorului cu inductor magnetic.

Forma curbei impulsului. Forma curbei impulsului depinde de forma inductorului, de mărirea întrefierului şi de o serie de alţi parametri prin a căror variaţie se poate obţine forma dorită a curbei impulsului.

In fig. 5, 6 şi 7 sunt reprezentate oscilogramele impulsurilor obţinute cu ajutorul diferitelor sisteme de generatori.

Din „Electricestvo", 1/1950.

ECUAȚIILE GENERALE ALE CVADRIPOLULUI*)

Prof. R. A. VORONOV și G. E. PUHOV

In acest articol ce studiază ecuațiile cvadripolului mai generale decât cele folosite de obicei. Se indică deasemenea cum să se rezolve cu ajutorul ecuațiilor propuse astfel de probleme ca shuntarea și scurtcircuitarea bornelor cvadripolilor, decuplarea acestora dela rețea, cum să se facă înlocuirea câtorva cvadripoli cu unul echivalent, etc.

Un cvadripol pasiv, element de cuplaj, care transmite energia dela bornele de intrare (dela sursă) spre bornele de ieșire (sarcină) se caracterizează deobicei prin ecuațiile :

$$U_1 = A_{11} \cdot U_2 + A_{12} \cdot I_2, \qquad (1\ a)$$
$$I_1 = A_{21} \cdot U_2 + A_{22} \cdot I_2,$$

care pot fi reprezentate sub formă matricială

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} A_{12} \\ A_{21} A_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \qquad (1\ b)$$

coeficienții cvadripolului A_{11}, A_{12}, A_{21} și A_{22}, fiind legați prin relația

$$A_{11} A_{22} - A_{12} A_{21} = 1.$$

Operând cu aceste ecuații sau cu matricele ce le înlocuesc, se pot obține coeficienții unui cvadripol compus, general, format dintr'o serie de cvadripoli mai simpli.

In cazul unui montaj în cascadă (fig. 3 *b*) se înmulțesc matricele A în ordinea conectării lor, iar în cazul unui montaj în derivație (fig. 3 *a*), serie (fig. 3 *c*) sau mixt, se adună coeficienții ecuațiilor (sau matricele care le corespund) exprimate în raport cu curenții (matricea Y), tensiunile (matricea Z) sau pentru montajul mixt, în raport cu U_2 și I_1 sau U_1 și I_2 (matricea D).

Folosirea acestor ecuații și în special a matricelor lor, este foarte practică, fiind însă posibilă numai în anumite cazuri particulare. Una din aceste condiții este ca curenții dela ambele borne de intrare să fie egali și respectiv să fie egali curenții dela ambele borne de ieșire. Dacă dintr'o anumită cauză, aceste condiții nu sunt îndeplinite, ecuațiile (1) rămân insuficiente și rezultatele obținute cu ajutorul lor, pot diferi mult de cele reale.

Plecând dela ecuațiile (1), se obțin rezultate exacte : *a*) în cazul unui montaj simplu în cascadă ; *b*) pentru diferite montaje de cvadripoli de tipul transformatorilor (când curentul dela bornele de intrare nu poate trece la bornele de ieșire) ; *c*) când toți cvadripolii montați în derivație au un conductor fără sarcină (fig. 4) ; *d*) atunci când există o anumită proporționalitate între impedanțele fiecărui cvadripol.

Faptul că se pot obține soluții eronate se arată ușor printr'un exemplu simplu a doi cvadripoli montați în derivație, reproduși în fig. 1.

Pentru acești cvadripoli matrița A va fi :

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 10 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \qquad A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

unde coeficienții A_{12} (10 ohmi și 5 ohmi) pentru aceste scheme sunt egali cu suma rezistențelor din ambii conductori ai circuitului.

Dacă le conectăm în derivație, legând respectiv bornele a_1 cu a_2, b_1 cu b_2, etc., atunci plecând dela ecuațiile (1), se obține matricea cvadripolului general :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3{,}33 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

coeficientul A_{12} fiind egal cu 3,33 ohmi.

Soluția exactă pentru acest caz ne dă pentru coeficientul A_{12} o altă valoare egală cu 2,59 ohmi.

Dacă în acest montaj unim bornele a_1 și c_2, d_1 și d_2, etc., atunci obținem prin metoda obișnuită iarăși aceeași valoare de 3,33 ohmi, iar soluția exactă va da acum 3,29 ohmi, care de această dată este mai apropiată de valoarea de mai sus.

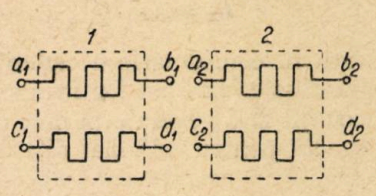


Fig. 1

Această neexactitate a soluției se explică prin faptul că după conectarea cvadripolilor vor trece prin rezistențele de 7 ohmi și 3 ohmi ale primului cvadripol curenți inegali, care diferă între ei într'un caz de 3,45 ori, iar în al doilea caz, numai de 1,45 ori.

Ecuațiile (1) pot fi folosite numai într'un număr limitat de cazuri pe care le-am indicat mai sus. Putem arăta (*B3*) că folosirea lor este posibilă numai atunci când pe lângă ecuațiile existente

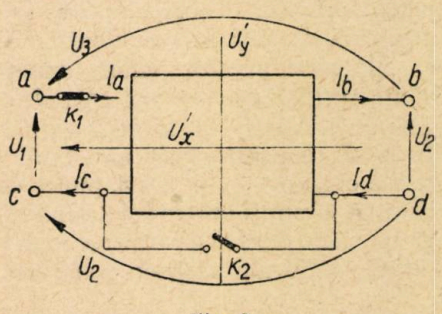


Fig. 2

$$\dot{U}_1 - \dot{U}_2 - \dot{U}_3 + \dot{U}_4 = 0 \qquad (2)$$
$$\dot{I}_a - \dot{I}_b - \dot{I}_c + \dot{I}_d = 0,$$

care rezultă direct din fig. 2, se mai adaugă și alte condiții care reduc gradul de libertate. Astfel de

*) Din „Electricestvo", 1/1950.

condiţii pot fi : egalitatea curenţilor $I_a = I_c$, un conductor fără sarcină $U_4 = 0$, etc.

Această situaţie destul de evidentă nu se ia adesea în consideraţie, adică se admite sub o formă tacită că ecuaţiile (1) caracterizează în întregime funcţionarea unui cvadripol. In cazul general, o astfel de situaţie nu este justă, deoarece ecuaţiile (2) au trei grade de libertate şi prin urmare, pentru determinarea completă a cvadripolului, avem nevoie nu de două ecuaţii, ci de trei ecuaţii.

In metoda propusă mai jos, inegalitatea curenţilor din conductori este luată în consideraţie prin introducerea unui curent de egalizare longitudinal (sau transversal). Cele trei ecuaţii care se obţin în acest caz, determinând în întregime funcţionarea cvadripolului, în orice caz, duc la matrice de admitanţe de ordinul al treilea. Matricea A, pentru simplitate, am luat-o de ordinul patru prin introducerea încă a unei ecuaţii foarte simple

$$\dot{I}_x = \dot{I}_x$$

şi prin luarea în consideraţie a căderilor de tensiune longitudinale, care au loc în acest caz.

Aceste ecuaţii mai generale permit a se obţine o soluţie exactă pentru cele mai diferite montaje de cvadripoli. Prin această cale este posibilă rezolvarea a unor astfel de probleme ca shuntarea şi scurtcircuitarea anumitor borne, decuplarea lor dela reţea, etc. Insăşi soluţia, chiar în cazurile simple pentru care este posibilă folosirea ecuaţiilor (1), adesea apare mai practică. Prin introducerea unor anumite condiţii, toate expresiile acestei metode se transformă destul de uşor în expresii obişnuite, consecinţe ale ecuaţiilor (1).

Deoarece relaţiile reproduse mai jos, sub formă algebrică, sunt foarte greoaie şi dificile de operat, se folosesc simbolurile calculului matricial. Aceasta permite să se introducă matrice speciale pentru transformări, foarte utile pentru anumite montaje.

Curenţii şi tensiunile teoretice ale cvadripolului. Funcţionarea oricărui cvadripol poate fi caracterizată prin trei curenţi independenţi şi prin trei tensiuni. Alegerea acestor valori independente poate fi arbitrară, însă desigur este de dorit ca alegerea să se facă astfel ca să se menţină simetria ecuaţiilor şi să se uşureze cât mai mult trecerea spre relaţiile obişnuite. Din acest punct de vedere este indicat ca anumiţi curenţi şi anumite tensiuni să se lege cu axele electrice care trec prin punctele de potenţial mediu ale părţilor opuse ale cvadripolului.

In concordanţă cu aceasta, tensiunile

$$\dot{U}_1,\ \dot{U}_2 \text{ şi } \dot{U}'_x = \frac{\dot{U}_3 + \dot{U}_4}{2}. \qquad (3\text{ a})$$

le vom numi *tensiuni longitudinale teoretice*, iar tensiunile

$$\dot{U}_3,\ \dot{U}_4 \text{ şi } \dot{U}_y = \frac{\dot{U}_1 + \dot{U}_2}{2} \qquad (3\text{ b})$$

tensiuni transversale ale cvadripolului.

Tensiunile longitudinale şi cele transversale se leagă între ele cu ajutorul formulelor

$$\begin{vmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U'_x \end{vmatrix} = K \begin{vmatrix} U_3 \\ U_4 \\ U'_y \end{vmatrix} \text{ şi } \begin{vmatrix} U_3 \\ U_4 \\ U'_y \end{vmatrix} = K \begin{vmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U'_x \end{vmatrix} \qquad (4)$$

unde matricea de transformare este

$$K = K^{-1} = \begin{vmatrix} 0{,}5 & -0{,}5 & 1 \\ -0{,}5 & 0{,}5 & 1 \\ 0{,}5 & 0{,}5 & 0 \end{vmatrix} \qquad (5)$$

In locul curenţilor reali ai cvadripolului se va folosi una din următoarele combinaţii liniare :

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{I}_a + \dot{I}_c}{2}, \qquad \dot{I}_2 = \frac{\dot{I}_b + \dot{I}_d}{2},$$

$$\dot{I}_x = \dot{I}_a - \dot{I}_c = \dot{I}_b - \dot{I}, \qquad (6\text{ a})$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{I}_a + \dot{I}_b}{2}, \qquad \dot{I}_4 = \frac{\dot{I}_c + \dot{I}_d}{2} \qquad (6\text{ b})$$

$$\dot{I}_y = \dot{I}_a - \dot{I}_b = \dot{I}_c - \dot{I}_d .$$

Curenţii teoretici $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$ şi $\dot{I}_x$ îi vom numi *curenţi longitudinali*, iar curenţii $\dot{I}_3$, $\dot{I}_4$ şi $\dot{I}_y$ îi vom numi *curenţi transversali* ai cvadripolului. Curenţii reali se exprimă prin curenţii teoretici cu ajutorul formulelor.

$$\begin{aligned} \dot{I}_a &= \dot{I}_1 + \frac{\dot{I}_x}{2} = \dot{I}_3 + \frac{\dot{I}_y}{2} \\ \dot{I}_b &= \dot{I}_2 + \frac{\dot{I}_x}{2} = \dot{I}_3 - \frac{\dot{I}_y}{2} \\ \dot{I}_c &= \dot{I}_1 - \frac{\dot{I}_x}{2} = \dot{I}_4 + \frac{\dot{I}_y}{2} \\ \dot{I}_d &= \dot{I}_2 - \frac{\dot{I}_x}{2} = \dot{I}_4 - \frac{\dot{I}_y}{2}. \end{aligned} \qquad (7)$$

Din (7) rezultă că curentul de egalizare $\dot{I}_x$ trecând prin cvadripol şi suprapunându-se peste curenţii simetrici $\dot{I}_1$ şi $\dot{I}_2$, ne dă curenţii reali $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$, $\dot{I}_c$ şi $\dot{I}_d$. Acelaşi lucru se poate spune şi despre curentul de egalizare transversal $\dot{I}_y$.

Relaţia dintre curenţii longitudinali şi cei transversali se exprimă prin expresiile :

$$\begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_x \end{vmatrix} = M \begin{vmatrix} \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \\ \dot{I}_y \end{vmatrix} \text{ şi } \begin{vmatrix} \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \\ \dot{I}_y \end{vmatrix} = M \begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_x \end{vmatrix}, \qquad (8)$$

unde

$$M = M^{-1} = \begin{vmatrix} 0{,}5 & 0{,}5 & 0{,}5 \\ 0{,}5 & 0{,}5 & -0{,}5 \\ 1 & -1 & 0 \end{vmatrix} \qquad (9)$$

Se observă că matricele de trecere dela axa longitudinală a cvadripolului la axa lui transver-

sală şi invers prezintă o proprietate interesantă, care constă în faptul că aceste matrice sunt inverse.

Ecuaţiile fundamentale ale cvadripolului. In concordanţă cu curenţii şi tensiunile teoretice alese mai sus, ecuaţiile care determină starea electrică a cvadripolului, presupunând ca de obicei cvadripolul este liniar şi pasiv, se pot scrie sub această formă :

$$\begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_x \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{1x} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{2x} \\ Y_{x1} & Y_{x2} & Y_{xx} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \\ \dot{U}'_x \end{vmatrix} = Y_d \begin{vmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \\ \dot{U}'_x \end{vmatrix} \quad (10)$$

unde Y_{ix} sunt coeficienţi constanţi, componente ale matricei de admitanţă longitudinală Y_d. In locul ecuaţiilor (10), în care se folosesc curenţii şi tensiunile longitudinale, este indicat în multe cazuri să se folosească ecuaţiile

$$\begin{vmatrix} \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \\ \dot{I}_y \end{vmatrix} = Y_q \begin{vmatrix} \dot{U}_3 \\ \dot{U}_4 \\ \dot{U}'_y \end{vmatrix} \quad (11)$$

care leagă curenţii şi tensiunile transversale ale cvadripolului. Pe baza relaţiilor (4) şi (9) matricele Y_d şi Y_q, se exprimă una prin cealaltă cu ajutorul formulelor

$$Y_q = MY_d K\,; \qquad Y_q = MY_d K \cdot \quad (12)$$

In matricea de admitanţă longitudinală Y_d şi prin urmare în matricea Y_q există şase componente independente, deoarece există relaţiile

$$Y_{12} = -Y_{21}, \quad Y_{1x} = Y_{x1} \quad \text{şi} \quad Y_{2x} = -Y_{x2},$$

a căror valabilitate se stabileşte prin folosirea teoremei reciprocităţii.

Nu pentru toţi cvadripolii care se întâlnesc există ecuaţiile (10) sau (11). Intr'o serie de cazuri, de exemplu în cazul când există braţe fără sarcină, matricele de admitanţe nu pot fi exprimate deoarece o parte din componentele lor capătă valori infinite. Afară de aceasta, dacă cu ajutorul ecuaţiilor (10) sau (11) se găsesc uşor ecuaţiile cvadripolilor montaţi în derivaţie (vezi mai jos), aceasta nu mai este valabil pentru cvadripolii montaţi în cascadă, în care caz, atât ecuaţiile (10) cât şi (11) nu sunt convenabile. Datorită acestor cauze trebue să se studieze în afară de ecuaţiile (10) şi următoarele ecuaţii :

$$\begin{vmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_1 \\ \dot{U}_x \\ \dot{I}_x \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & A_{1x} \\ A_{21} & A_{22} & 0 & A_{2x} \\ A_{x_1} & A_{x_2} & 1 & A_{xx} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{U}_x 0 \\ \dot{I}_x \end{vmatrix} = A \begin{vmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{U}_x 0 \\ \dot{I}_x \end{vmatrix} \quad (13)$$

care constitue o generalizare a ecuaţiilor (1). O relaţie similară cu (13) poate fi scrisă şi pentru curenţii şi tensiunile transversale ale cvadripolului.

Existenţa curentului de egalizare longitudinal $\dot{I}_x$ atât în membrul doi cât şi în membrul întâi al ecuaţiilor (13), se explică prin faptul că acest curent trecând prin cvadripol nu-şi schimbă valoarea, cât şi prin faptul că $\dot{U}_1$, $\dot{I}_1$ şi $\dot{U}_x$ pot depinde de curentul $\dot{I}_x$. Tensiunea $\dot{U}$ este tensiunea longitudinală a întregului lanţ, iar $\dot{U}_x 0$, tensiunea porţiunii acestui lanţ, fără cvadripolul studiat. Diferenţa $\dot{U}_x - \dot{U}_x 0$ este egală cu tensiunea $\dot{U}_x$(vezi ecuaţiile 10).

Elementele A_{11}, A_{12}, A_{21} şi A_{22} ale matricei A a montajului în cascadă sunt coeficienţii obişnuiţi ai ecuaţiilor (1). Metodele de a le afla nu diferă deasemenea de cele obişnuite. Determinantul matricei A este totdeauna egal cu unitatea

$$|A| = A_{11} A_{22} - A_{12} A_{21} = 1. \quad (14)$$

Ecuaţiile (10) şi (13) caracterizează în întregime funcţionarea oricărui cvadripol şi de aceea pot fi denumite ecuaţii fundamentale ale cvadripolului.

Intre componentele matricelor Y_d şi A, atunci când ambele există, au loc următoarele relaţii care pot fi demonstrate uşor :

$$\begin{aligned} A_{11} &= -\frac{Y_{22} Y_{xx} + Y_{x2}^2}{\xi}\,; \qquad A_{12} = \frac{Y_{xx}}{\xi}\,; \\ A_{1x} &= -\frac{Y_{2x}}{\xi}\,; \qquad A_{21} = \frac{A_{11} A_{22} - 1}{A_{12}}\,, \\ A_{22} &= \frac{Y_{11} Y_{xx} - Y_{1x}^2}{\xi}\,; \\ A_{2x} &= \frac{Y_{1x} Y_{21} - Y_{2x} Y_{11}}{\xi}\,; \\ A_{x1} &= \frac{Y_{x_1} Y_{22} - Y_{x_2} Y_{21}}{\xi}\,; \quad A_{x2} = -\frac{Y_{x_1}}{\xi} \\ A_{xx} &= \frac{Y_{21}}{\xi} \end{aligned} \quad (15)$$

unde

$$\xi = Y_{21} Y_{xx} - Y_{2x} Y_{x1} = \frac{1}{A_{12} A_{xx} - A_{1x} A_{x_2}}\,. \quad (16)$$

Rezolvând (15) în raport cu Y_{ik}, se pot obţine şi relaţiile inverse

$$\begin{aligned} Y_{11} &= \xi\,(A_{22} A_{xx} - A_{2x} A_{x2})\,; \\ Y_{12} &= -Y_{21} = \xi = -\xi A_{xx}\,; \\ Y_{1x} &= Y_{x1} = \xi A_{x2}\,; \\ Y_{22} &= \xi\,(A_{1x} A_{x1} - A_{11} A_{xx}) \\ Y_{2x} &= -Y_{x2} = -\xi A_{1x}\,; \; Y_{xx} \xi A_{12}. \end{aligned} \quad (17)$$

Dacă se studiază anumite montaje concrete de cvadripoli, dintre care o parte sunt reproduse în tabelă, se poate stabili că existenţa matricei în cascadă A este legată strâns de posibilitatea transformării energiei în direcţia considerată. La cvadripolii la care o astfel de transformare nu este posibilă, matricea A nu există.

Formule de transformare a montajelor formate din cvadripoli. In practică, de obicei se întâlnesc montaje de cvadripoli în derivaţie şi în cascadă

(fig. 3, *a* şi *b*). Se poate arăta uşor că în aceste cazuri formulele pentru găsirea matricelor cvadripolului echivalent rămân cele obişnuite. La montajul în derivaţie a doi cvadripoli matricele lor de admitanţe se adună, adică

$$Y_d = Y'_d + Y''_d \; ; \qquad Y_q = Y'_q + Y''_q \; , \tag{18}$$

iar la montajul în cascadă, matricele lor de admitanţă se înmulţesc, adică

$$A = A'A''. \tag{19}$$

Trebue observat că montajul în serie (fig. 3, *c*) este de fapt un montaj în cascadă, în care

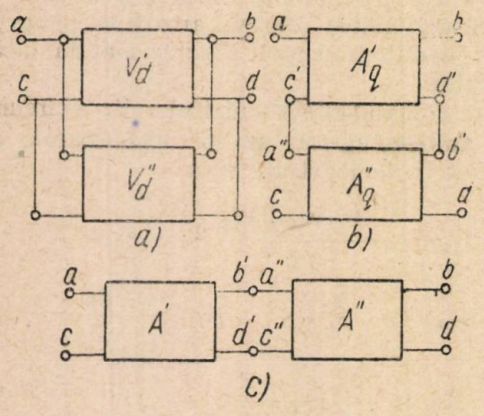


Fig. 3

însă conectările s'au efectuat în direcţia axei transversale. De aceea, pentru obţinerea matricei care să caracterizeze montajul în serie, trebue să se înmulţească matricele A'_q şi A''_q, adică

$$A_q = A'_q A''_q \; ; \tag{20}$$

indicele q arată că matricele montajului în cascadă trebue să se determine în raport cu axa transversală. Revenirea la curenţii şi tensiunile longitudinale poate fi făcută prin trecerea dela A_q la Y_q şi apoi la Y_d, în care scop trebue să se folosească ecuaţiile (17) şi (18).

Cvadripol cu conductor fără sarcină. Când cvadripolul prezintă un conductor fără sarcină, schema poate fi reprezentată sub forma unui circuit cu trei elemente, reprodus în fig. 4. Matricea mon-

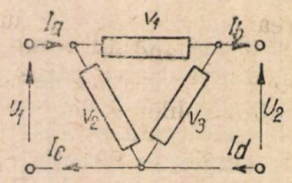


Fig. 4

tajului în cascadă a acestui circuit este complet definită prin cele trei elemente A_{11}, A_{12} şi A_{22}, deoarece celelalte elemente ale ei se află din următoarele expresii. :

$$A_{1x} = \frac{A_{12}}{2} \; ; \qquad A_{21} = \frac{A_{11}A_{22} - 1}{A_{12}} \; ;$$

$$A_{2x} = \frac{A_{22} - 1}{2} \; ; \quad A_{x_1} = \frac{A_{11} - 1}{2} \; ;$$

$$A_{x_2} = \frac{A_{12}}{2} \; ; \qquad A_{xx} = \frac{A_{12}}{4} \tag{21}$$

Conectarea în cascadă a cvadripolilor cu conductor fără sarcină poate fi făcută în mod obişnuit. La conectarea în derivaţie, elementele fundamentale ale matricei montajului în cascadă a cvadripo- lului se determină prin formulele :

$$A_{11} = \frac{A'_{11}A''_{12} + A''_{11}A'_{12}}{A'_{12} + A''_{12}}$$

$$A_{12} = \frac{A'_{12}A''_{12}}{A'_{12} + A''_{12}} \tag{22}$$

$$A_{22} = \frac{A'_{22}A''_{12} + A''_{22}A'_{12}}{A'_{12} + A''_{12}}$$

Pentru găsirea celorlalte elemente trebue să se folosească formulele (21).

Dacă cvadripolul cu conductor fără sarcină este conectat cu un cvadripol obişnuit, trebue ca la cvadripolul obişnuit cele două borne corespunzătoare să fie în prealabil scurtcircuitate (vezi mai jos).

Scurtcircuitarea a două borne a unui cvadripol. Pentru a fixa ideile se admite că se scurtcircuitează bornele *c* şi *d* ale cvadripolului (fig. 2). Pentru obţinerea matricei montajului în cascadă în cazul unui astfel de scurtcircuit, trebue să se adune matricea de admitanţe longitudinală a acestui cvadripol fără scurtcircuit cu matricea cvadripolului notat în tabela 1 cu Nr. 4 ; apoi cu ajutorul expresiilor (15) să se găsească matricea montajului în cascadă şi în sfârşit să se treacă la limita când admitanţa elementului care scurtcircuitează circuitul tinde spre infinit.

Efectuând aceste transformări, se obţine :

$$A_{11}^{(k)} = -\frac{Y_{22} + Y_{x_2} - \frac{1}{4}Y_{xx}}{H}$$

$$A_{12}^{(k)} = \frac{1}{H} \tag{23}$$

$$A_{22}^{(k)} = \frac{Y_{11} + Y_{1x} + \frac{1}{4}Y_{xx}}{H}$$

unde

$$H = Y_{21} + \frac{Y_{1x} + Y_{2x}}{2} + \frac{Y_{xx}}{4}. \tag{24}$$

Celelalte elemente ($A_{21}^{(k)}$, $A_{2x}^{(k)}$, etc.) se află din (21).

Dacă în (23) şi (24) se introduce în locul admitanţelor valorile lor exprimate prin elementele

matricei A înainte de scurtcircuitare, atunci coeficienţii matricei noi $A^{(k)}$ vor fi:

$$A_{11}^{(k)} = \frac{A_{11} A_{xx} - (1 + A_{x_1}) A_{1x} + \frac{1}{4} A_{12}}{G};$$

$$A_{12}^{(k)} = \frac{A_{12} A_{xx} - A_{1x} A_{x_2}}{G}; \qquad (25)$$

$$A_{22}^{(k)} = \frac{A_{22} A_{xx} - (1 + A_{2x}) A_{x_2} + \frac{1}{4} A_{12}}{G};$$

$$G = A_{xx} - \frac{A_{1x} + A_{x_2}}{2} + \frac{A_{12}}{4}. \qquad (26)$$

Toţi ceilalţi coeficienţi ai matricei $A^{(k)}$ se se află ca şi mai sus.

Intr'un mod analog se rezolvă problema pentru scurtcircuitarea celorlalte două borne ale cvadripolului.

Decuplarea bornelor cvadripolului. Când se decuplează una din bornele cvadripolului dela montajul întreg, în acest cvadripol va exista din cauza întreruperii circuitului numai matricea de admitanţe. Pentru exemplu se va găsi matricea

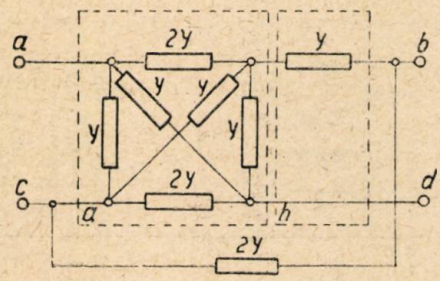


Fig. 5.

admitanţei longitudinale, când se întrerupe borna a a cvadripolului. Intreruperea circuitului în acest caz corespunde cu conectarea în locul întrerupătorului K_1 (fig. 2) a unei rezistenţe infinite. De aceea, pentru obţinerea matricei $Y^{(n)}$ a structurii noi, se înmulţeşte matricea A_8 (vezi tabela 1) cu matricea A a acestui cvadripol înainte de întrerupere. Apoi cu expresiile (16) şi (17) după ce se trece la limită pentru $z \to \infty$, se obţine:

$$Y_{11}^{(n)} = \frac{A_{22}}{4F}; \qquad Y_{12}^{(n)} = -Y_{21}^{(n)} = \frac{1 + 2A_{2x}}{4F};$$

$$Y_{1x}^{(n)} = Y_{x1}^{(n)} = -\frac{Y_{xx}^{(n)}}{2};$$

$$Y_{22}^{(n)} = \frac{(1 + A_{2x}) A_{x_1} - A_{21} A_{xx} - \frac{1}{4} A_{11}}{F}; \qquad (27)$$

$$Y_{2x}^{(n)} = -Y_{x2}^{(n)} = -2 Y_{12}^{(n)};$$

$$Y_{xx} = 4 Y_{11},$$

unde

$$F = A_{22} A_{2x} - (1 + A_{2x}) A_{x2} + \frac{1}{4} A_{12}. \qquad (28)$$

In mod analog se rezolvă problema pentru întreruperea altor borne ale cvadripolului.

Concluzie. Ecuaţiile scrise mai sus permit să se analizeze structuri foarte complicate, formate din cvadripoli, deasemenea permit să se analizeze funcţionarea unui cvadripol separat, conectat într'un montaj complicat (un exemplu de obţinerea matricelor unei structuri complexe este dat în anexă).

Rezultă uşor din exemple concrete că şi pentru acele cazuri, în care pot fi folosite relaţiile obişnuite (1), rezolvarea multor probleme cu ajutorul ecuaţiilor propuse, este adeseori mult mai simplă.

Exemplu de determinare a matricelor la un circuit complex. Se determină matricele A şi Y_d pentru circuitul indicat în fig. 5.

Schema studiată se împarte în trei părţi formate din doi cvadripoli şi dintr'o admitanţă care shuntează.

Se găseşte matricea primei părţi a circuitului:

$$Y_{da} = Y_{d_1} + Y_{d_2} + 2Y_{d_3} + 2Y^{d}_{4} + Y_{d_5} + Y_{d_6} =$$

$$= \begin{vmatrix} \frac{5Y}{2} & -\frac{Y}{2} & 0 \\ \frac{Y}{2} & -\frac{5Y}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 6Y \end{vmatrix},$$

unde Y_{di} sunt matricele cvadripolilor elementari reproduşi în tabelă.

Folosind expresiile (15) după elementele Y_{da}, se găseşte matricea montajului în cascadă a primei porţiuni:

$$A_a = \begin{vmatrix} 5 & \frac{2}{Y} & 0 & 0 \\ 12Y & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{6Y} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

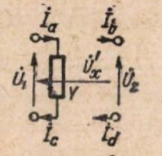
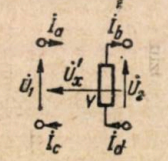
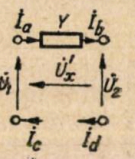
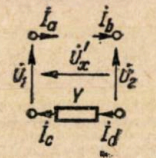
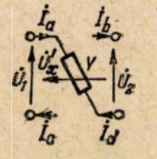
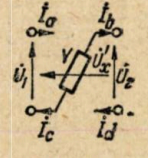
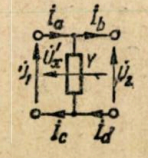
Cvadripolii a şi b sunt conectaţi în cascadă. Conform (19) se obţine:

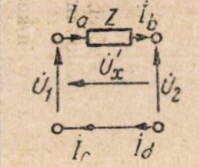
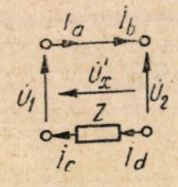
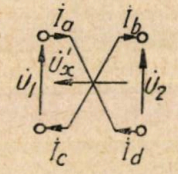
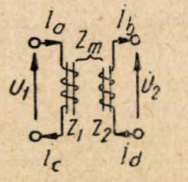
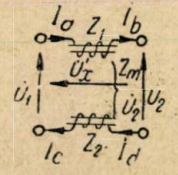
$$A_{ab} = \begin{vmatrix} 5 & \frac{7}{Y} & 0 & \frac{5}{2Y} \\ 12Y & 17 & 0 & 6 \\ 0 & \frac{1}{2Y} & 1 & \frac{5}{12Y} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

unde valoarea matricei A_b este luată din tabelă (matricea Nr. 8). Având matricea A_{ab}, se găseşte după formulele (17) matricea de admitanţă longitudinală a cvadripolilor a şi b

$$Y_{dab} = \begin{vmatrix} \frac{49Y}{20} & -\frac{Y}{4} & -\frac{3Y}{10} \\ \frac{Y}{4} & -\frac{5Y}{4} & -\frac{3Y}{2} \\ \frac{3Y}{10} & \frac{3Y}{2} & \frac{21Y}{5} \end{vmatrix}$$

Matricele cvadripolilor simpli

Nr. crt.	Schema	Y_d	A
1		$\begin{vmatrix} Y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$	Nu există
2		$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -Y & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$	
3		$\begin{vmatrix} \frac{Y}{4} & -\frac{Y}{4} & \frac{Y}{2} \\ \frac{Y}{4} & \frac{Y}{4} & \frac{Y}{2} \\ \frac{Y}{2} & \frac{Y}{2} & Y \end{vmatrix}$	
4		$\begin{vmatrix} \frac{Y}{4} & \frac{Y}{4} & -\frac{Y}{2} \\ \frac{Y}{4} & -\frac{Y}{4} & -\frac{Y}{2} \\ \frac{Y}{2} & \frac{Y}{2} & Y \end{vmatrix}$	
5		$\begin{vmatrix} \frac{Y}{4} & \frac{Y}{4} & \frac{Y}{2} \\ -\frac{Y}{4} & \frac{Y}{4} & \frac{Y}{2} \\ \frac{Y}{4} & \frac{Y}{2} & \frac{Y}{2} \end{vmatrix}$	
6		$\begin{vmatrix} -\frac{Y}{4} & -\frac{Y}{4} & -\frac{Y}{2} \\ -\frac{Y}{4} & -\frac{Y}{4} & \frac{Y}{2} \\ -\frac{Y}{2} & -\frac{Y}{2} & Y \end{vmatrix}$	
7		Nu există	$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ Y & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$

Nr. crt.	Schema	Y_d	A
8		Nu există	$\begin{vmatrix} 1 & Z & 0 & \frac{Z}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{Z}{2} & 1 & \frac{Z}{4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
9			$\begin{vmatrix} 1 & Z & 0 & -\frac{Z}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{Z}{2} & 1 & \frac{Z}{4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
10			$\begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$
11		$Y_d = \frac{1}{Z_1Z_2-Z_m^2} \begin{vmatrix} Z_2 & Z_m & 0 \\ -Z_m & -Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$	$A = \begin{vmatrix} -\frac{Z_1}{Z_m} & -\frac{Z_1Z_2-Z_m^2}{Z_m} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{Z_m} & -\frac{Z_2}{Z_m} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \infty \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$
12		$Y_d = \frac{1}{Z_1Z_2-Z_m^2} \begin{vmatrix} \frac{Z_1+Z_2-2Z_m}{4} & -\frac{Z_1-Z_2-2Z_m}{4} & -\frac{Z_1+Z_2}{2} \\ \frac{Z_1+Z_2-2Z_m}{4} & -\frac{Z_1+Z_2-2Z_m}{4} & -\frac{Z_1-Z_2}{2} \\ -\frac{Z_1-Z_2}{2} & \frac{Z_1-Z_2}{2} & Z_1+Z_2+2Z_m \end{vmatrix}$	$A = \begin{vmatrix} 1 & Z_1+Z_2+2Z_m & 0 & \frac{Z_1-Z_2}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{Z_1-Z_2}{2} & 1 & \frac{Z_1+Z_2-2Z_m}{4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$

Pentru găsirea matricei de admitanţă longitudinală a întregului circuit, trebue să se adune dublul matricei cvadripolului Nr. 6 din tabel cu matricea Y_{dab} obţinută. Adunând, se obţine :

$$Y_d = Y_{dab} + 2\,Y_{d_6} - \begin{vmatrix} \frac{59\,Y}{20} & Y & \frac{13\,Y}{10} \\ Y & 7\,Y & Y \\ \hline 4 & 4 & 2 \\ \frac{13\,Y}{10} & Y & \frac{31\,Y}{5} \\ \hline 10 & 2 & 5 \end{vmatrix}$$

Matricea montajului în cascadă a circuitului se găseşte ca şi mai sus

$$A = \begin{vmatrix} \frac{106}{9} & \frac{62}{9\,Y} & 0 & \frac{5}{9\,Y} \\ \frac{17\,515\,Y}{558} & \frac{166}{9} & 0 & \frac{23}{18} \\ \frac{43}{18} & \frac{13}{9\,Y} & 1 & \frac{5}{18\,Y} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Această matrice determină complet starea electrică a cvadripolului considerat, conectat la orice circuit. In cazul cel mai simplu, când nu există curentul longitudinal de egalizare I_x, ecuaţiile cvadripolului vor avea forma :

$$\dot{U}_1 = \frac{106}{9}\,\dot{U}_2 + \frac{62}{9\,Y}\,\dot{I}_2,$$

$$\dot{I}_1 = \frac{17\,515}{558}\,Y\dot{U}_2 + \frac{166}{9}\,\dot{I}_2 .$$

NOTE ● RECENZII

CAPNIC S. M.: *Influenţa frecvenţei curentului alternativ asupra parametrilor electrici şi de lumină ai lămpilor luminiscen'e.* Electricestvo, 3 (1951), 62—63.

Pentru determinarea frecvenţei curentului alternativ asupra parametrilor electrici şi de lumină ai lămpilor luminiscente, s'au făcut experienţe pentru frecvenţe până la 1000 Hz, cu care ocazie au fost determinate minimul fluxului de lumină F, ale puterii P, a curentului I şi a tensiunii U.

Măsurarea fluxurilor de lumină s'a executat cu ajutorul unui fotoelement selenic cu filtru compensator într'un fotometru sferic. S'a măsurat mărimea medie a fluxului de lumină, variind odată cu trecerea timpului.

Din experienţele făcute cu cinci lămpi luminiscente marca VEI rezultă că cedarea de lumină a acestora creşte cu 17% la trecerea dela frecvenţa de 50 Hz la frecvenţa de 1000 Hz. Aceasta se explică între altele şi prin faptul că la frecvenţele mari durata de ardere a lămpii se măreşte în cursul fiecărei perioade. Despre aceasta ne putem convinge comparând formele curbelor curentului şi a tensiunii în ambele cazuri.

Intr'un tabel se arată datele referitoare la una dintre lămpile măsurate la diferite frecvenţe ale tensiunii de alimentare.

GLAZCOV N. V.: *Despre densitatea economică a curentului la liniile scurte cu sarcina concentrată.* Energheticeski Bulletin, 6 (1951), 28—29.

In revista „Electricestvo" 11 (1950) au fost publicate trei articole cu caracter de discuţie, ale inginerului E. N. Priclonskii, A. S. Lifşiţ şi cand. ştiinţe tehn. M. S. Riabov, punând la îndoială justeţea valorilor tensiunilor economice ale curentului, cerute de Ministerul Centralelor Electrice.

La calcularea liniilor scurte (0,5—1 km) cu sarcini concentrate mari (ca de exemplu staţiile de compresoare) a ieşit, la iveală, conform normelor noi ale Ministerului Centralelor Electrice o mărire a secţiunilor aeriene în comparaţie cu liniile construite mai înainte, alimentând obiecte analoage.

Autorul aduce o serie de exemple din care rezultă că tensiunile economice ale curentului, cerute de Ministerul Centralelor Electrice, au ca rezultat în raioanele cu un număr mare de obiecte şi cu sarcini concentrate, supraconsumuri mari de cupru şi de utilaje. In acelaşi timp, rămâne îndoelnic, întrucât toate aceste cheltueli suplimentare se justifică prin micşorarea pierderilor în sistemul energetic.

FAINZILBERG S. N.: *Calcularea pierderilor termice ale conductelor izolate.* Za economiu topliva, 7 (1951), 17—20.

Conductele izolate sunt folosite mult la uzinele electrice şi întreprinderile industriale, din care cauză urmează deseori a calcula pierderile lor termice. Formula pentru calcularea pierderilor termice pentru 1 m liniar este cunoscută şi are următorul aspect :

$$q = \frac{\pi\,(t_1 - t_2)}{\Sigma\,R} \text{ kcal/h} \qquad (1)$$

unde t_1 — temperatura medie a agentului termic pe întinderea porţiunii date a conductei, în grade ;

t_2 — temperatura medie a mediului înconjurător, în grade ;

ΣR — rezistenţa termică sumară la μ h/kcal.

Formula (1) nu ţine seama de pierderile de căldură prin flanşe, armătură şi construcţiile de sprijin ale conductelor. Aceste pierderi sunt uşor de calculat pe calea înmulţirii pierderilor calculate pentru întreaga conductă cu coeficientul β, valoarea numerică a căruia se ia conform recomandaţiilor făcute de inginer E. P. Subin în articolul său. Autorul recomandă, pentru evitarea calculelor complicate după formula (1), înlocuirea lor prin determinarea pierderilor termice potrivit diagramelor sau tabelelor, întocmite de dânsul pentru acest scop.

Autorul recomandă deci, calcularea pierderilor termice ale conductelor la aşezarea lor la suprafaţă sau sub pământ, după formula (1) şi folosirea graficelor sale întocmite pentru găsirea valorilor logaritmice componente.

Această metodă permite determinarea simplă şi mulţumitoare a pierderilor la conductele izolate.

HRENOV K. K., GAPCENCO M. M., SAHATSCHI G. P.: *Sudura cu arc electric a aliajelor cu mangan.* Avtogennoe Delo, 8 (1951), 1—5.

Autorii articolului se ocupă de o metodă de sudură cu arc electric a aliajelor cu mangan.

Aliajul MA 1 conţine 1,4—2,5% mangan şi cantităţi mai mici de aluminiu, zinc, siliciu, ş. a. — el are proprietăţi mecanice superioare manganului pur şi este unul din aliajele cele mai rezistente la coroziune.

Aliajul MA 1 se sudează prin sudură autogenă, însă în cusătură apar deformaţii şi fisuri.

Sarcina autorilor a fost aceea de a prelucra o metodă de sudură a aliajului cu ajutorul electrozilor de cărbune prin arc electric cu acţiune directă.

Experinţele de sudură au fost efectuate cu ajutorul curentului continuu şi alternativ. Fiecare experienţă a fost urmată de verificarea pieselor sudate, rezultatele încercărilor fiind trecute în tabele.

Pe baza rezultatelor cercetărilor, autorii au stabilit că sudura cu electrozi de cărbune cu arc electric, asigură, prin folosirea fondanților corespunzători, o cusătură de calitate superioară și poate să fie recomandată pentru aplicare în industrie.

PRESELENTEV I. F.: *Repararea condensatorilor defecți, folosiți pentru ridicarea* cos φ. Promâșlenaia Energhetica, 7 (1951), 6—11.

In scopul ridicării factorului de putere (cos φ) la consumatorii de energie electrică, se fabrică în U.R.S.S. condensatori de tip KM (cu ulei) a căror construcți, constă din următoarele părți: corp sudat (din tablă de oțel grosime 1 mm), de formă dreptunghiulară, cu izolatoare de porcelan, fixate pe capace și partea demontabilă cufundată în ulei. Această din urmă parte reprezintă o serie de secți turtite de hârtie de condensator și foi de aluminiu, presate și consolidate într'un pachet cu ajutorul unor coliere de oțel. Armătura secțiilor este conectată după o schemă electrică variabilă, în funcție de tipul condensatorului, conform celor 6 desene din tabela 1. Datele tehnice ale condensatorilor, lansate de industria sovietică în 1950, sunt indicate într'un tabel.

In prezent condensatoarele se fabrică pentru tensiuni ridicate în cutii complet sudate. In practica exploatării, instalațiile de condensatoare pot suferi diferite avarii care pot fi reparate chiar pe loc. Cele mai dese defecte sunt: 1) scurgerea uleiului din cutie; 2) defectarea armăturilor din izolatoare; 3) defectarea izolatoarelor și pivoților de contact; 4) întreruperea circuitului înăuntrul condensatorului; 5) perforarea izolației față de cutie; 6) perforarea izolației între armături (clacare).

Construcția izolatoarelor și fixarea lor pe capacul condensatorului se arată în desenul 7, schema principală a punții de măsurat capacități dela 10 pf până la 10 mkf și rezistența dela 10 ohmi la 10 mgohmi se redă în desenul 8, construcția îmbinării capacului condensatorului cu corpul se ilustrează în desenul 9, presarea pachetelor în presa de mână se arată în desenul 10, schema principală a instalației de vacuum pentru pomparea aerului din condensator se demonstrează în desenul 11, iar dependența unghiului pierderilor dielectrice de tensiunea câmpului electric în dielectricul condensatorului de hârtie-ulei se indică în graficul 12.

Autorul indică metode de reparare pentru diferite feluri de avarii ale condensatoarelor și procedee de încercare.

Uleiul folosit pentru aceste condensatoare trebue să corespundă următoarelor cerințe: 1) rezistența electrică cel puțin 60 kV în eclator Standard (distanța între electrozi 2,5 mm); 2) tangenta unghiului pierderilor dielectrice cel mult 0,5% la o temperatură de 70° C și frecvența curentului alternativ de 50 alt/s; 3) celelalte caracteristici trebue să corespundă regulamentului standardului.

Unghiul de pierderi este unul dintre indicii de calitate cei mai importanți ai condensatorului. In caz de murdărire sau udare a părților interioare sau de pătrundere a aerului înlăuntrul dielectricului, unghiul de pierderi se mărește, crescând așadar și pierderile condensatorului, cum rezultă din desenul 12.

DUNAEVSKII S. Ia.: *Influența curenților Foucault asupra procesului de stabilire a fluxului*. Electricestvo, 2 (1951), 55—63.

In articolul de față, autorul descrie metode de calcul care permit a stabili influența curenților Foucault, asupra procesului de formare a fluxului în circuitele magnetice, care cuprind corpuri masive.

Având în vedere că pentru calculul tehnic soluția a fost dată numai pentru conductori magnetici, a căror secțiune are forma circulară sau dreptunghiulară, autorul a ajuns la concluzia că este mai nimerit să se studieze chestiunea unor soluții apropiate, bazate pe înlocuirea secțiunii dreptunghiulare, prin altele echivalente în suprafață, de exemplu: elips sau romb.

Plecând dela această ipoteză autorul ne dă un studiu al procesului de excitație a circuitului magnetic compus din sectoare masive și stratificate, împărțite de rosturi libere. Ținând seamă că secțiunea dreptunghiulară a miezului nu dă o soluție bună pentru calcule practice, autorul descrie soluția pentru cazul miezului cu secțiune în formă de romb, care îndeplinind anumite condiții, este echivalent cu un dreptunghiu.

Pentru acest scop, el se folosește de un șir de formule, iar rezultatele sunt prezentate în text prin mai multe grafice.

Aceste experiențe au fost executate cu ajutorul unei bobine de reactanță, special construită, iar în timpul experienței s'au luat oscilograme, a curentului de excitație și a forței electromotoare a bobinei de măsurat.

Ca rezultat al acestor experiențe, autorul ne prezintă fig. 7, 8 și 9. In fig. 7, prin curbe sunt dați coeficienții Y și Cv, în fig. 8, oscilograme de amortizare a câmpului magnetic și în fig. 9, curbele obținute prin experiență și prin calcule.

Autorul recomandă metodele descrise pentru analizarea proceselor de excitație și amortizarea câmpului în acele cazuri, când bobinele de excitație se găsesc plasate în partea masivă a miezului și pentru analizarea proceselor de amortizare a câmpului indiferent de locul de așezare a bobinei de excitație.

SARKIN M. E.: *Studiul filtrelor de succesiune*. Electricestvo, 2 (1951), 68—70.

In articolul de față se face o scurtă privire asupra studiului filtrelor de succesiune, prin aplicarea elementelor teoriei circuitelor trifazice, pe baza cărora autorul ne dă concluziuni asupra raporturilor între parametrii filtrelor de succesiune pozitivă și succesiunea negativă.

Autorul ne dă un studiu succint al filtrului de tensiune, stabilind și formulele pentru calculul lui, deasemenea și al filtrului curenților trifazici, la un montaj în stea și în triunghi.

Autorul demonstrează, cum în fazele triunghiului, pentru care curenții dați sunt liniari, se pot obține curenți proporționali cu componentele Ia_1 și Ia_2 și în felul acesta, prin măsurare, se stabilește valoarea lor.

Pe baza studiilor făcute, autorul descrie rezultatele obținute asupra proprietăților comune ale filtrelor în stea și triunghi precum și a modului lor de montaj.

ZIPERKUS T. G.: *Reparația unui paletaj cu palete așezate axial pe disc fixate prin sudură*. Electriceskie Stanții, 1 (1951), 55—56.

Autorul descrie o reparație constând din montarea paletelor la ultima treaptă a unei turbine cu reacție de 35 000 kW cu următoarele însușiri:

1. Fiecare paletă se montează independent pe disc într'o crestătură separată.

2. Fixarea bandajului și despărțiturilor de secțiune eliptică de corpul paletelor se face cu sudură electrică.

3. Paletele au plat-bande anticorosive, din aliaje dure.

Centrala nu dispune decât de 108 palete în loc de 120. La montare, paletele au fost împărțite în 18 pachete a câte 6. Crestăturile goale au fost dispuse diametral opus între pachete și închise. Autorul ne dă tehnologia reparației.

Graficul luat prin oscilograf, pentru o paletă, a arătat caracteristicile vibratorii satisfăcătoare.

JEVAHOV S. D., LIFSCHITZ A. G.: *Măsurarea vidului în turbinele cu aburi*. Elektriciskie Stantzii, 1 (1951), 56—57.

Alegerea locului de legare a măsurătorului pentru măsurarea aburului lucrat, are o însemnătate specială de vid pentru controlul funcționării turbinelor cu aburi.

Ing. G. A. Murin a ajuns la concluzia că locul cel mai indicat ar fi la țeava de eșapament. Observațiile au arătat însă că în cazul când temperatura apei de circulație la intrare ajunge până la 15° sau mai puțin, apar erori apreciabile. Autorul propune întrebuințarea unei piese în cruce, de egalizare, montată în gâtul condensatorului, cu scopul obținerii unei valorii medii a presiunii statice a aburului lucrat. Aceste piese în cruce au fost montate la mai multe turbine la Centralele din Ural și s'a obținut o corespondență a valorii presiunii măsurate a aburului lucrat cu presiunea determinată indirect prin temperatura condensatului.

N. R. Se atrage atenția că metoda măsurătorii cu ajutorul piesei în cruce egalizatoare reprezintă un interes practic însă necesită o verificare și o desvoltare.

AVAKIAN S. V. : *Calculul proceselor gazodinamice în instalaţiile de stingere prin arc cu suflaj autotransversal de ulei.* Electricestvo, 4 (1951), 19—27.

Autorul descrie procesul gazodinamic în instalaţiile de stingere prin arc cu ajutorul suflajului autotransversal de ulei, ocupându-se destul de amănunţit de cele trei stadii în care se produce acest proces.

Deasemenea ne dă metodele de calcul elaborate pentru următoarele trei cazuri de scurgere a uleiului : 1) bulă închisă ; 2) cazul scurgerii numai a gazelor ; 3) scurgerea simultană a amestecului din gaze, abur şi ulei.

Momentele de trecere dela un caz de scurgere la celălalt, se determină direct, atunci când se calculează direct instalaţia dată de stingere prin arc.

Pentru fiecare caz în parte se dau formule care servesc pentru calculul proceselor gazodinamice ca şi curbele obţinute pe baza acestor formule şi pe bază de experienţe.

In cuprinsul articolului un loc important este rezervat studiului energiei eliberate de arc.

Ţinând seamă că desvoltarea teoriei arcului electric se găseşte într'un stadiu care nu ne permite să ne servim de ea pentru calculul energiei electrice, eliberate de arc, problema se reduce la întrebuinţarea datelor prin experienţe şi prin studii teoretice. Autorul încearcă să calculeze energia eliberată de arc, iar variaţiile tensiunii arcului, în diferitele stadii, sunt prezentate prin curbe. Comparând datele obţinute prin calcul sau experienţe, se poate spune că metoda propusă pentru calculul energiei arcului la instalaţiile de stingere prin arc cu suflaj de ulei, este destul de exactă.

In rezumat, articolul ne prezintă o metodă analitică a studiilor acţiunilor gazodinamice în instalaţiile de stingere prin arc. Rezultatele calculului se compară cu datele obţinute prin experienţe.

PETROV B. P. : *Studiul stabilităţii montajului materialului rulant electric de curent continuu.* Electricestvo, 4 (1951), 44—47.

Pentru studiul stabilităţii montajului materialului rulant electric pentru curent continuu, este bine să se folosească criteriile de stabilitate a lui Gurviţ, larg expuse în teoria reglării. Pentru studiul stabilităţii este necesar să se afle ecuaţiile caracteristice rezolvării sistemului de ecuaţii date de autor în articolul de faţă.

Autorul, bazat pe teoria lui Gurviţ şi pentru a arăta justeţea metodei curenţilor de contur, ne dă analiza câtorva montaje cunoscute şi anume :

1. Amortizarea prin reostat a două motoare în serie, având înfăşurările de legătură încrucişate.

2. Amortizarea prin reostat a două motoare în serie, fără legătură încrucişată.

3. Punerea în funcţiune prin reostat a două motoare, în serie, cu înfăşurările de legătură semi-încrucişate.

4. Amortizarea recuperativă cu excitaţie separată şi rezistenţa stabilizată.

Pe baza rezultatelor obţinute, prin aplicarea ecuaţiilor respective, autorul arată pentru fiecare montaj, care sunt avantajele montajului.

Metoda admite precizări şi mai departe a condiţiilor iniţiale de funcţionare şi permite întrebuinţarea nu numai a criteriilor lui Gurviţ, dar şi ale altora.

De notat că, pentru studiul stabilităţii curenţilor în interiorul oricărei scheme, se poate exclude din studiu, fie conducta de sarcină, fie reţeaua exterioară. In rezumat, autorul examinează metoda studiului stabilităţii schemelor de punere în mers şi amortizarea motoarelor de tracţiune electrică, bazată pe folosirea criteriilor de stabilitate şi metoda curenţilor de contur.

MATVEEV A. L. : *Cu privire la normarea ştiinţifică a consumului electric în industria de scule.* Promâşlennaia Energhetica, 2 (1951), 7—9.

Studiul indicelor lucrului util mediu cu folosirea caracteristicilor energetice, la operaţiile de prelucrare a metalelor prin aşchiere, la maşini-unelte, prin adaptarea la condiţiile prelucrării metalului de calitate medie (oţel, carbon = 60 kg/mm) au uşurat mult elaborarea normelor medii pentru aceste operaţiuni.

Rezultatele aplicării acestei metode în producţie la construcţia de maşini grele şi mijlocii au fost publicate de autor. Acesta, în articolul de faţă, arată rezultatele aplicării acestei metode în industria producţiei sculelor.

A fost supus analizei procesul de prelucrare al mai multor feluri de scule pentru tăiere şi a accesoriilor lor. Pentru fiecare tip de produs a fost calculat prin metoda volumetrică lucrul util de tăiere şi a accesoriilor lor.

Pentru fiecare tip de produs a fost calculat prin metoda volumetrică lucrul util de tăiere pentru toate fazele şi operaţiunile. Ca rezultat, s'a stabilit lucrul util mediu de tăiere pe piesă, raportat la unitatea de volum a metalului scos prin aşchiere. Datele strânse sunt trecute în tabele.

Autorul arată că datele nu se referă la regimul de tăiere rapidă. La folosirea acestui regim trebue utilizaţi coeficienţii de corecţie. Concomitent cu stabilirea indicelor medii la lucru util au fost stabilite şi încărcările medii ale utilajului, constatându-se că complexul de maşini-unelte din industria fabricaţiei sculelor este foarte slab exploatat.

Problema normării energiei electrice în atelierele mecanice cu raportarea acestui consum la producţia în natură, ar fi putut fi socotită ca rezolvată dacă s'ar fi învins indiferenţa ce se arată.

REVISTA REVISTELOR

ENERGETICA INDUSTRIALĂ
(Promâşlenaia energhetica)
12 (1951)

Să înlăturăm deficienţele în opera de economisire a energiei. *Proscin E. A., Parini E. P., Coloscov I. N.* : Particularităţile montării cablurilor până la 10 kW monofilare, de înaltă tensiune, cu manta de plumb şi cu o izolaţie de cauciuc. *Ivanov P.-S., Cuzulţov P. V.* : Instalaţii de distribuţie complete şi substaţiile de transformare, complete. *Teihman L. F.* : Problema alegerii numărului substaţiilor de transformare în întreprinderile industriale. *Zaharov I. M.* : Alegerea protecţiei maximale a reţelei unui redresor cu vapori de mercur. *Matusov B. L.* : Folosirea unor motoare electrice de joasă tensiune pentru instalaţii electrice transportabile. *Jirnov N. I.* : O lampă de control cu neon pentru preîntâmpinarea avariilor. Discuţii. In legătură cu articolul inginerului E. D. Zeilidzon : „Un procedeu simplu de protecţia motoarelor electrice trifazate contra funcţionării pe două faze". Din scrisorile primite la redacţie. *Juricov P. A.* : Incercările cu un eclator tubular. O vizită prin fabricile producătoare. Cărţi noi despre energetica industrială. Planul tematic al revistei „Energetica Industrială" pe anul 1952. Lista articolelor publicate în revista „Energetica industrială" pe anul 1951. Informatorul inginerului de energetică din fabrici. Motoare cu curent constant pentru metalurgie şi pentru ridicarea cu macaralele.

BULETINUL ENERGETIC
(Energheticeschii biulleteni)
12 (1951)

Mihalin G. I. : Reparaţia arborilor prin calarea mufelor şi bucşelor. *Lipstein E. L.* : Din experienţa recondiţionării arborilor cotiţi. *Reşetin N. I., Magracev S. L., Sâromiatnicov N. I.* : Trecerea focarelor cu combustibil petrolier la încălzirea cu combustibil solid. *Diafarova M. M.* : Recondiţionarea izolaţiei cablurilor vechi prin impregnarea suplimentară. *Muhortov-Amurschii I. G.* : Rezervele neutilizate de reducerea pierderilor de energie electrică. *Vertlib B. S.* : Folosirea acu-

mulatorilor din fier cu nikel în uzinele şi staţiunile electrice. *Dvoreţchii A. I.* : Alcătuirea bilanţurilor termice ale cazanelor cu aburi, încălzite cu combustibil lichid şi gazos, după metoda prof. Beloconi N. I. *Stoţchii L. R.* : O scrisoare primită la redacţia revistei „Buletinul energetic". Consultaţii. Lista articolelor apărute în revista „Buletinul energetic" în anii 1945—1950. Tabla de materii în ordinea alfabetică a articolelor apăture în revista „Buletinul energetic" în anul 1951.

UZINE ELECTRICE
(Electriceskie Stanţii)

12 (1951)

Reducerea preţului de cost la construcţia uzinelor electrice — cea mai importantă problemă a economiei naţionale. *Zaiţev M. M., Teverovschii E. N., Sirocov V. A.* : Cicloane reparatoare centrifugale pentru curăţirea parţială a gazelor cu baterii cu elemente de tip nou. *Aliperevici M. A., Ujov V. A.* : Verificarea la exploatare a unui ciclon cu baterie cu elemente de tip nou. *Dolcart F. Z., Teitlin I. A.* : Mărirea rezistenţei tencuielei refractare. *Stârcovici M. A.* : Folosirea evaporării în drepte la alimentarea cazanelor cu condensat. *Gutman B. L., Mironov D. C.* : Experienţa automatizării sistemelor de pulverizare. *Cot A. A.* : Pierderea de acid silicilic din cauza aburilor de mare presiune. *Tcacenco V. C., Cernova L. A., Surâşchina C. C.* : Extragerea siliciului din apă cu magnezită caustică. *Bogoliubeschii C. N.* : Suporţi din beton armat pentru liniile electrice de transport. *Hromocenco G. E.* : Mecanizarea lucrărilor de aşezarea cablurilor. *Zvedzchin V. N., Izraelit G. B.* : Incercarea izolaţiei maşinilor electrice mari. *Miculicik S. P.* : Incercarea izolaţiei maşinilor electrice. *Musatov T. P.* : Reducerea pierderilor în reţele electrice. *Sipov N. M.* : Evidenţa pierderilor în reţele electrice. *Ponedilco A. I.* : Evidenţa pierderilor în reţele electrice cu ajutorul ampermetrilor. Schimb de experienţă de construcţie şi montare. *Colcic V. S.* O maşină simplificată pentru încercarea mostrelor sudate. *Dutchin G. S.* : Trecerea liniilor electrice de transport 110 kW printr'un fluviu. *Dutchin G. S.* : Pregătirea purificatorului de acetilenă. *Scvorţov V. V.* : Piloţii din beton armat pentru fundaţiile stâlpilor liniilor electrice de transport. Schimb de experienţă în domeniul exploatării. *Râsacov N. F.* : Evaporare în două trepte cu un compartiment bilateral cu săruri. *Bajenov I. R.* : Experienţa exploatării unei mori cu tamburi şi bile 287/430. *Levacov A. V.* : Mărirea temperaturii de supraîncălzire a aburilor în cazane având drept combustibil păcura. *Pupca V. S.* : Inlăturarea aspirării apei de răcire în condensatorii turbinelor. *Gagnidze C. F., Tergazarian G. N.* : Funcţionarea liniilor electrice de transport într'un regim asimetric. *Deriughin F. F.* : Staţii cu întreruptori automate de scurt circuitare şi punere la pământ. *Ternicov P. V.* : Cutii terminale de cablu, din oţel. *Baccarev D. I.* : Sursa de alimentaţie a meghometrului la ridicarea curbelor absorbţiei. Cronica. Din Direcţia Tehnică a Ministerului. Determinarea necesităţii uscării transformatorilor. Tabla de materii a revistei „Uzine electrice" din anul 1951.

1 (1951

Rezultatele muncii energeticilor, depusă în 1951 şi sarcinile pentru anul 1952. *Bâcicovschii A. L., Dobrânin O. N.* : Distribuitori în focare cu mori de mină. *Nagli E. Z.* : Rezultatele cercetărilor sistemului evacuării hidraulice a cenuşii cu aparatul hidraulic al lui Moscalicov. *Brik P. M.* : Reglarea regimului hidraulic a reţelelor termice principale. *Zaharenco S. E.* : Alegerea unei construcţii raţionale pentru reazemele mobile la reţele termice. *Tavhelidze N. N.* : Fundaţia prefabricată din beton armat pentru liniile de transport electric. *Micuşchii G. M.* : Racordarea protecţiei diferenţiale de fază de înaltă frecvenţă la receptori şi emiţători de tip PVZ. *Timofenco A. A.* : Incercările profilatice ale motoarelor electrice. *Izraelit G. B., Calantarov V. A.* : Incercarea izolaţiei bobinajului statorului al unui compensator sincron. *Fuforin N. P.* : Metode de control a umidităţii izolaţiei transformatorilor. *Golitman M. C.* : Controlul umidităţii izolaţiei la transformatori de forţă. *Bondarev I. I.* : 20 ani dela punerea în funcţiune a uzinei electrice raională din Zuev. Discuţii. Exploatarea protecţiei generatorilor contra punerii la pământ. Covalenco F. N.; Dubovitchii A. C.; Pressman S. M.; Alexeev A. A.; Petuhov P. F.; Podcovârev G. V., D. D. Rudzinschii; Cornienco E. F.; Nebrat L. E.; Ostropolischii M. P. Schimb de experienţă de construcţie şi montare. *Svortov V. V.* : Folosirea sonetei cu autopropulsie pentru afânarea solului îngheţat. *Butenco N. L.* : Puţ în loc de turlă pentru umplerea tuburilor cu nisip. *Livov A. S.* : Avaria unei macarale în formă de Γ. *Benderschii I. I.* : Etanşarea preîncălzitorilor de aer şi a conductelor de gaze şi de praf. *Pronin P. P.* : Vulcanizarea la cald a îmbinărilor cap la cap a benzilor rulante cauciucate. Schimb de experienţă în domeniul exploatării. *Scrâpnicov P. D.* : Folosirea maşinilor de calculat în uzinele electrice. *Levacov A. V.* : Semnalizarea nivelurilor maxime de apă în tambur. *Jucova A. V.* : Inele de etanşare din cauciuc pentru pompe de mare presiune. *Gataevici A. D.* : Semnalizarea punerii la pământ a blocului generator + transformator. *Zverev V. I.* : Eliminarea înţepenirii întrerupătoarelor sub sarcină. *Prujanschii A. M.* : Schema de racordare automată a unei alimentări de rezervă cu un număr redus de relee. *Barcalov A. M.* : Preîncălzitor de ulei de tip de inducţie. *Musatov T. P.* : Despre o construcţie defectuoasă a miezului transformatorului. *Bacunţ G. A.* : Schema de racordare a unui volumetru înregistrator. Cronica. Din Direcţia Tehnică a Ministerului. Măsuri pentru reducerea costului construcţiei instalaţiilor electrice. Gospodărie energetică în străinătate. Nivelul scăzut calitativ al bilanţului energetic de după războiu din S.U.A., de S. B. Critică şi Bibliografie. *Zeidel V. A.* : Recenzia cărţii lui V. A. Laricov „Oţeluri speciale pentru instalaţiile moderne de cazane". Tematica revistei „Uzine electrice" pentru anul 1952.

2 (1952)

Pentru întărirea continuă a colaborării ştiinţei cu producţia în domeniul energeticei. *Antonov A. Ia., Varavitchii I. B.* : Măsurarea consumului de aburi de mare presiune cu diafragme sudate. *Uhin B. N.* : Primele realizări ale exploatării unui filtru cu aşchii de oţel pentru desaeraţie. *Efremov A. G.* : Controlul funcţionării reţelelor termice. *Maslenicov M. S.* : Controlul operativ al umidităţii combustibilului în timpul arderii. *Râss A. G.* : Scoborîrea temperaturii uleiului prin racordarea în serie a refrigerentelor de ulei la turbine. *Ivanov V. S.* : Regenerarea uleiurilor energetice. *Ioffe Iu. R., Sverdlov P. M.* : Scheletele portante ale armăturilor în construcţii de uzine electrice. *Enico V. V.* : Determinarea regimului turbogeneratorilor. *Cugirnâi A. A., Podcovârov G. V., Feinstein E. G.* : Protecţia hidrogeneratorilor contra ridicării de tensiune. *Rozenstein L. Ia.* : Schema nevoilor proprii ale uzinelor electrice industriale. *Sagalov E. H.* : Schimbarea unei linii electrice de transport 110 kV pentru funcţionarea cu conductori dubli. *Oscherco A. A.* : Punerea la pământ a punctului central al lanţurilor de izolatori de deasupra întrerupătorilor cu ulei. Schimb de experienţă de construcţie şi montare. *Svişci S. F.* : Protecţia clădirilor de influenţa sarcinilor dinamice. *Miller Ia. S.* : Dispozitivul pentru vopsirea suprafeţei interioare ale tuburilor. *Gubina E. A., Ianchelev L. F.* : Termoizolaţie din deşeurile de asbest şi ardezie cu bentonită. *Ternicov P. V.* : Folosirea automobilului pentru aşezarea stâlpilor pe liniile electrice de transport. *Voscoboinik J. S., Cofman R. D.* : Macaraua turnată cu consolă. Schimb de experienţă în domeniul exploatării. *Guşcin A. I., Popov V. M., Şabarov A. M.* : Măsuri pentru înlăturarea exploziilor prafului de turbă la uzinele electrice. *Tacin D. E.* : Inlăturarea exploziilor în instalaţiile cu mori de mină. *Vnucov A. K.* : Exploatarea de probă a unui preîncălzitor de aburi la agregatele de cazane de mare presiune. *Egorov A. V.* : Reparaţia rapidă a întrerupătorilor 110 kV. *Corotcov C. I.* : Ridicarea statorului unui turbogenerator cu buloane de fundaţie. *Emelianov Ia. G.* : Experienţa regenerării uleiului de transformatori. *Cernâşevici V. I.* : Funcţionare defectă a releului de presiune la transformatori de forţă DJII. *Barbaşinov O. N., Popov A. M.* : Eliminarea vibraţiilor rotorilor releului EN—524. *Solodiuc V. A., Soloviev M. G.* : Incercarea descărcătorilor tubulari. *Golicov I. V.* : Controlul automat al bunei funcţionări a circuitelor transformatorilor de tensiune. Noi contactori pentru acţionarea cu solenoid a întrerupătorilor, de L. M. Voroloni şi M. G. Coblenţ.

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie, precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil impersonal, clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeţ, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înţelegerii textului. Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9×12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată citeţ, numele şi pronumele complet, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon (instituţie sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

Abonamentele se fac numai prin
Centrul de Difuzare a Presei:

BUCUREŞTI, STRADA CONSTANTIN MILLE, 14 — Telefon: 5.28.90
PROVINCIE: LA SUCURSALELE DIN REŞEDINŢELE REGIUNILOR ŞI RAIOANELOR

Tarif general: Lei 100 anual

Tehnicieni şi ingineri, membrii ai A. S. I. T.: Lei 30 anual

DIN CATALOGUL EDITURII TEHNICE

N. I. BULGACOV: CALCULUL TRANSFORMATORILOR
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 296 pag. lei 16,69

D. P. MOROZOV: PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE DISPOZITIVELOR ELECTRICE DE ACŢIONARE
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 372 pag. lei 18,28

B. P. BOGORODIŢCHI, V. V. PASENCOV şi B. M. TAREEV: MATERIALE ELECTROTEHNICE
nivel superior
(Traducere din limba rusă) 400 pag. lei 26,86

SUSCHIN: MICROSCOPUL ELECTRONIC
nivel superior
(Traducere din limba rusă) 240 pag. lei 13,00

Prof. A. A. GLAZUNOV: REŢELELE SISTEMELOR ELECTRICE
nivel superior
(Traducere din limba rusă) 540 pag. lei 25,50

N. K. KUSNIŢOV şi A, P. ZLATCOVSCHI: CENTRALE HIDROELECTRICE RURALE
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 412 pag. lei 25,50

G, A. TIAGUNOV: TUBURI ELETRONICE
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 360 pag. lei 18,45

Taxa poştală plătită în numerar conform aprobării Nr 168.026/946.
C. 6260 — Intreprinderea Poligrafică Nr. 3.

E 1427

KAT

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELLENŐRIZVE
1953

Országos Műszaki Könyvtár
BUDAPEST

7

PENTRU UZ INTERN

2121

EDITURA TEHNICĂ

1952

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Iulie 1952 ★ Nr. 7 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 12 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

V. Bunea ing.: Mersul în paralel şi încercarea de opoziţie a transformatorilor 1

Pl. Andronescu, prof. dr. ing.: Circuitele feromagnetice 10

N. Vasilescu-Karpen, prof. dr. ing.: Pila electrică cu clorură de argint 18

I. Corodeanu, ing.: Frânarea reostatică şi cu recuperare la locomotivele electrice 22

L. Marcovici, ing.: Indicii de înzestrare a muncii cu energie 32

DIN EXPERIENŢA U.R.S.S.

T. G. Soroker, prof. şi *E. M. Lopuhina*: Bazele teoriei construcţiei unui motor monofazat cu spira scurtcircuitată scoasă pe pol 37

NOTE — RECENZII 42

REVISTA REVISTELOR 44

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

В. БУНЯ, инж.: Параллельный ход и испытание на противодействие трансформаторов 1

ПЛАУЦИУС АНДРОНЕСКУ проф. др., инж.: Ферромагнитные цепи 10

Н. ВАСИЛЕСКУ-КАРПЕН проф., д-р, инж.: Электролитический элемент хлористого серебра . . . 18

И. КОРОДЯНУ, инж.: Тормоз с коротким замыканием якоря и рекуперационный электрического локомотива 22

МАРКОВИЧ Л., инж.: Показатели снабжения труда энергией 32

ИЗ ОПЫТА СССР

Т. Г. СОРОКЕР проф. и Е. М. ЛОПУХИНА: Основы теории конструкции однофазного двигателя с короткозамкнутой спиралью на полюсе 37

ЗАМЕТКИ-РЕЦЕНЗИИ 42

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ 44

Könyvtár TULAJDONA

MERSUL ÎN PARALEL ŞI ÎNCERCAREA DE OPOZIŢIE A TRANSFORMATORILOR

ELLENŐRIZ 1953

Ing. V. BUNEA

In articol sunt deduse formulele de repartiţie ale sarcinii între doi transformatori funcţionând în paralel. Formulele sunt mai simple decât cele obişnuite în mod general. Sunt studiate apoi, relaţiile de funcţionare ale încercării de opoziţie la transformatori. Aceste relaţii sunt aplicabile şi dacă transformatorii sunt de mărimi deosebite. In acest caz puterea absorbită dela reţea este de multe ori mai mică.

Problema mersului în paralel al transformatorilor mono şi polifazaţi, se află astăzi într'un stadiu care poate fi numit definitiv. Cu toate că privită în acest fel problema ar putea părea simplă, nu trebue uitat că părerile au variat suficient de mult în decursul timpului. Acest lucru, dovedeşte că problema este ceva mai complicată şi a necesitat timp pentru punerea ei la punct. Condiţiile care se cer azi transformatorilor pentru a merge în paralel, sunt adaptate la necesităţile locale, precum şi la felul în care vor funcţiona transformatorii. GOST 401/41 „Transformatori de putere în ulei" prevede la punctul H condiţiile pentru funcţionarea în paralel a transformatorilor într'un mod deosebit de felul cum se obişnuia să se privească problema aceasta până acum. Se precizează acolo că „funcţionarea în paralel cu repartizarea sarcinilor între transformatori proporţional cu puterea lor nominală este posibilă numai când tensiunile primare şi tensiunile secundare sunt respectiv egale şi când tensiunile de scurtcircuit sunt egale. Transformatorii trebue să facă parte din acelaşi grup de conexiuni. In afară de aceasta, se recomandă ca la transformatorii funcţionând în paralel, puterea maximă raportată la puterea minimă să nu depăşească 3 : 1". Se vede dintr'odată că aceste condiţii nu sunt nici impuse, nici măcar recomandate, cu alte cuvinte nu sunt indispensabile funcţionării în paralel a transformatorilor. GOST 401/41 precizează că în aceste anumite condiţii *este posibilă funcţionarea în paralel cu repartizarea sarcinii exterioare proporţional puterilor nominale.* Acest lucru înseamnă că această repartiţie va fi proporţională la orice valoare a sarcinii exterioare dela zero la suma sarcinilor nominale.

Sunt foarte multe cazuri când nu este nevoie să se pretindă această proporţionalitate. De aceea GOST 401/41 precizează mai departe, la rubrica observaţii, că suma totală a încărcării transformatorilor funcţionând în paralel trebue să se limiteze la o aşa valoare, încât niciunul din transformatori să nu fie încărcat peste capacitatea lui, în care caz se admite funcţionarea în paralel a transformatorilor, chiar dacă tensiunile nominale şi tensiunile de scurtcircuit nu sunt egale. Repartizarea puterilor trebue să fie determinată de fiecare dată, printr'un calcul prealabil.

Calculul repartiţiei puterilor între doi transformatori oarecari, mergând în paralel este deobicei studiat, considerând în mod separat, influenţa fiecăruia dintre cei trei factori şi anume: deosebirea dintre puterile magnetizante, diferenţa între rapoartele de transformare şi diferenţa între tensiunile de scurtcircuit. Ar mai fi de adăugat aci şi diferenţa dintre conexiunile celor doi transformatori.

In realitate nu se poate vorbi aci de o suprapunere de efecte în sensul strict al cuvântului. Se propune deci, în cele ce urmează să se reia această problemă în mod diferit de felul cum a fost rezolvată până astăzi. Este necesar pentru aceasta, să se găsească relaţia generală care determină repartiţia sarcinilor între doi transformatori, funcţionând în paralel, fără ca să se pună vre-o restricţie constructivă transformatorilor. Totuşi, se va considera că transformatorii fac parte din aceeaşi grupă de conexiuni. Funcţionarea în paralel a transformatorilor făcând parte din grupe diferite de conexiune nu este posibilă, decât eventual, timp foarte scurt, aşa după cum rezultă din indicaţiile extrase din catalogul de transformatori de forţă normali al Ministerului Industriei Electrice a U.R.S.S. Nu se va studia aci acest caz, care se găseşte însă în suscitatul catalog la cap. XI (Bibl. 6).

Studiul mersului în paralel al transformatorilor polifazaţi făcând parte din aceeaşi grupă de conexiuni se reduce la studiul mersului în paralel al transformatorului monofazat oarecare.

Fie, conform fig. 1, cei doi transformatori notaţi *I* şi *II*. Mărimile, care se referă la transformatorul *I* vor purta şi acest indice, iar cele care se referă la transformatorul *II* vor purta şi indicele *II*. In consecinţă, n_{1I} va fi numărul de

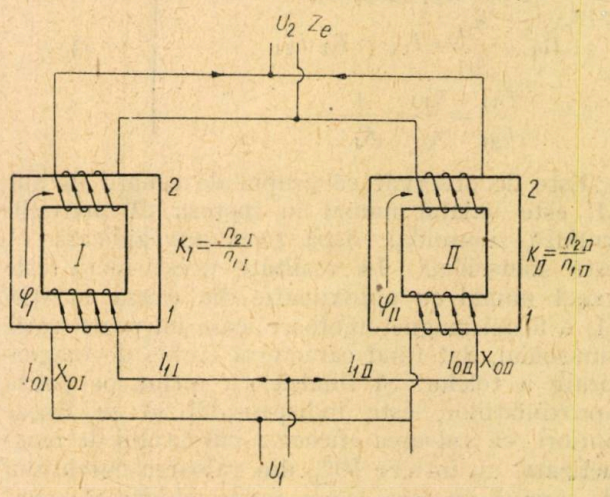


Fig. 1. Schema mersului în paralel a doi transformatori monofazici.

spire primar al transformatorului I ; n_{2I} numărul lui de spire secundar ; φ_I fluxul ; I_{1I} și I_{2I}, valoarea eficace a curentului primar respectiv secundar ; K_I raportul de transformare ; I_{0I} valoarea eficace a curentului magnetizant măsurat pe primar, θ_{1I} forța magnetomotoare corespunzătoare ; R_{1I}, R_{2I} rezistențele ohmice ale bobinajului primar respectiv secundar ; X_{1I}, X_{2I}, reactanțele acestor bobinaje ; E_{1I} și E_{2I} forțele electromotoare respective. Deasemenea pentru transformatorul II mărimile corespunzătoare vor fi n_{1II} ; n_{2II} ; φ_{II} ; I_{1II} ; I_{2II} ; K_{II} ; I_{0II} ; θ_{1II} ; R_{1II} ; R_{2II} ; X_{1II} ; X_{2II} ; E_{1II} ; E_{2II}. In afară de aceasta, se înseamnă cu U_1 și U_2 tensiunea primară, respectiv tensiunea secundară comună ambelor transformatoare mergând în paralel.

Dacă se mai face convenția ca rezistențele și reactanțele să fie raportate la secundar, se mai obține :

$$Z_{1I}=R_{1I}+jX_{1I} ; \; Z_{2I}=R_{2I}+jX_{2I} ; \; R_I=R_{2I}+$$
$$+K_I^2 R_{1I} ; \; X_I = X_{2I}+K_I^2 X_{1I} ; \; Z_I = Z_{2I} +$$
$$+ K_I^2 Z_{1I}=R_{2I}+ K_I^2 R_{1I}+j (X_{2I}+K_I^2 X_{1I})$$

în mod analog pentru transformatorul II,

$$Z_{1II}= R_{1II}+ jX_{1II} ; \; Z_{2II}=R_{1II}+ jX_{2II} ; \; R_{II} =$$
$$= R_{2II}+ K_{II}^2 R_{1II} ; \; X_{II} =X_{2II}+K_{II}^2 X_{1II} ; \; Z_{II} =$$
$$= Z_{2II}+ K_{II}^2 Z_{1II}=R_{2II}+K_{II}^2 R_{1II}+ j (X_{2II}+$$
$$+ K_{II}^2 X_{1II}).$$

Este bine de reținut că Z_I și Z_{II} sunt impedanțele totale ale transformatorului I respectiv II, raportate la bobinajul secundar, adică la bobinajul purtând indicele 2.

Pentru transformatorul I sunt valabile și cunoscute următoarele ecuații :

$$\left.\begin{aligned} &U_1 + E_{1I} = Z_{1I} \; I_{1I} \\ &-U_2 + E_{2I}=Z_{2I} \; I_{2I} \\ &I_{0I} = \frac{\theta_{1I}}{\eta_{1I}} = I_{1I} + K_I \; I_{2I} \\ &\frac{E_{1I}}{E_{2I}} = \frac{\eta_{1I}}{\eta_{2I}} = \frac{1}{K_I} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Este de observat că grupul de ecuații de sub (I) este valabil numai în ipoteza că mărimile variază sinusoidal, dacă tensiunea aplicată U_1 este sinusoidală. In realitate acest lucru este exact numai cu aproximație din cauza ecuației (1) a forței magnetomotoare, care nu poate varia sinusoidal, dat fiind caracterul curbei de magnetizare a tolelor. Și fiindcă s'a intrat pe panta aproximațiilor, este indispensabil să se fixeze apriori că valoarea eficace a curentului de magnetizare, nu întrece 10% din valoarea curentului de sarcină, în care caz se poate admite că ecuațiile de mai sus sunt acceptabile. Dealtfel 10% este valoarea maximă admisă de GOST 401/41 pentru curentul de mers în gol la transformatorii normali cei mai mici. In cazurile când curentul de magnetizare este mai apropiat de o sinusoidă, valoarea lui poate fi mult mai mare, fără ca ecuațiile de mai sus să-și piardă valabilitatea. Acest lucru se poate întâmpla la transformatorii cu întrefier, sau la transformatorii de construcție specială. La transformatorii obișnuiți, unde interstițiile pot fi eventual neglijate față de restul circuitului magnetic, ecuațiile de mai sus nu mai sunt valabile, dacă curentul magnetizant nesinusoidal este prea mare. Se va vedea mai departe că 10% este o valoare, care dă erori practic – neglijabile.

Se mai menționează că aproape toate mărimile din aceste ecuații sunt vectori de timp, sau mărimi complexe. Nu s'au făcut pentru ele notații în plus, așa cum de multe ori se obișnuește, deoarece aceste notații încarcă expresiile mai mult decât poate ușura înțelegerea lor.

Mărimile necomplexe sau nevectoriale sunt prea puține, n, K, etc., iar prezența lor nu poate provoca nicio încurcătură. Deasemenea se mai menționează că tensiunea U_2 s'a luat ca negativă, pentru a înțelege că este vorba de o tensiune produsă în timp ce U_1, este considerată a fi o tensiune aplicată. Pe lângă ecuațiile de sub (I) se mai poate lua în considerație ecuația :

$$E_{1I} = X_{0I} \; I_{0I} \quad (2)$$

unde X_{0I} ar corespunde așa numitei inductivități a fluxului principal. Se convine deci, de acord cu majoritatea părerilor, a se considera X_{0I} constant în jurul punctelor de funcționare al transformatorului respectiv. De ecuații de felul celei de sub (2) se face de multe ori abuz, cu toate că și ecuația (2) reprezintă o aproximație destul de grosolană în special în anumite cazuri ca de exemplu atunci când se necesită derivarea ei. Totuși, în cazul prezent se poate considera, în ipoteza că valoarea curentului magnetizant este în limită de maximum 10%, că și aproximația făcută prin folosirea formulei (2) este neglijabilă. In orice caz, ea poate fi de același ordin de mărime ca și prima aproximație, care s'a făcut de a considera curentul magnetizant sinusoidal. Dealtfel, se va examina în mod exact, care este procentul de influență al curentului magnetizant asupra mersului în paralel și se va vedea că este cu totul neglijabil și anume mai neglijabil decât se consideră încă azi. Folosirea relațiilor (I) și (2) este deci îndreptățită.

Spre deosebire de felul cum s'a tratat până azi problema mersului în paralel al transformatorului, se va mai introduce în cele ce urmează încă o relație, care de data aceasta nu va mai fi aproximativă (Bibl. 1) :

$$U_2 = Z_e \; I_e \; ; \quad (3)$$
$$Z_e = R_e + jX_e . \quad (3\,a)$$

In această relație I_e este valoarea scalară a curentului exterior de sarcină debitat de cei doi transformatori mergând în paralel, Z_e este impedanța circuitului exterior. Dacă, de pildă, se știe că transformatorii trebue să debiteze

împreună o putere aparentă P_e sub un decalaj φ_e, se poate scrie relaţia :

$$Z_e = \frac{U_2}{I_e} e^{j\varphi} = \frac{U_2^2}{P_e} e^{j\varphi}. \quad (4)$$

In această formulă U_2 ; I_e ; P_e, sunt valori scalare. Trebue ţinut cont că dacă se cunoaşte U_1 tensiunea de alimentare, U_2 este necunoscut. Formula (4) ar putea deci şi ea să fie considerată aproximativă, U_2 fiind o mărime apreciată a-priori. In realitate, impedanţa circuitului pe care cei doi transformatori îl debitează, poate fi considerată cunoscută foarte exact pe baza relaţiei (3 a). Formula (4) este însă necesară pentru cazul când nu se cunosc exact valorile lui R_e şi X_e ale reţelei, aşa cum se întâmplă adeseori.

In aceste condiţii se poate scrie următoarele ecuaţii pentru fiecare din cei doi transformatori

$$U_1 + I_{01} X_{01} = Z_{11} I_{11} ; \quad (5)$$
$$U_1 + I_{0II} X_{0II} = Z_{1II} I_{1II} \quad (5')$$
$$- U_2 + K_I I_{01} X_{01} = Z_{21} I_{21} ; \quad (6)$$
$$- U_2 + K_{II} I_{0II} X_{0II} = Z_{2II} I_{2II} \quad (6')$$
$$I_{01} = I_{11} + K_I I_{21} ; \quad (7)$$
$$I_{0II} = I_{1II} + K_{II} I_{2II} \quad (7')$$
$$I_{21} + I_{2II} = \frac{U_2}{Z_e}. \quad (8)$$

In aceste ecuaţii toate mărimile sunt vectoriale sau complexe, în afară de rapoartele de transformare K_I şi K_{II}. Dacă între ecuaţiile (5), (6), (7), (5'), (6'), (7'), se elimină I_{01} ; I_{0II} ; I_{11} ; II_{1II}, se va obţine :

$$I_{21} = \frac{K_I X_{01} U_1 - (Z_{11} - X_{01}) U_2}{(Z_{II} - X_{0I})(Z_{21} - K_I^2 X_{01}) - K_I^2 X_{01}^2} =$$
$$= \frac{K_I X_{01} U_1 - (Z_{11} - X_{01}) U_2}{Z_{11} Z_{21} - Z_I X_{01}} \quad (9)$$

$$I_{2II} = \frac{K_{II} X_{0II} U_1 - (Z_{1II} - X_{0II}) U_2}{Z_{1II} Z_{2II} - Z_{II} X_{0II}} \quad (10)$$

Dacă se pune :

$$m_I = 1 - \frac{Z_{11}}{X_{01}} \quad (11)$$

$$m_{II} = 1 - \frac{Z_{11}}{X_{0II}} \quad (12)$$

$$N_I = \frac{Z_{11} Z_{21}}{X_{01}} - Z_I \quad (13)$$

$$N_{II} = \frac{Z_{1II} Z_{2II}}{X_{0II}} - Z_{II} \quad (14)$$

ecuaţiile (9) şi (10) devin :

$$I_{21} = \frac{K_I U_1 + m_I U_2}{N_I} \quad (15)$$

$$I_{2II} = \frac{K_{II} U_1 + m_{II} U_2}{N_{II}} \quad (16)$$

Dacă acum se introduce în ecuaţia (8) valorile lui I_{2I} şi I_{2II} din ecuaţiile (15 şi (16), se va obţine în definitiv :

$$U_2 = U_1 \frac{K_I N_{II} + K_{II} N_I}{\frac{N_I N_{II}}{Z_e} - (m_I N_{II} + m_{II} N_I)} \quad (17)$$

de unde înlocuind în (15) şi (16) se deduce

$$I_{21} = \frac{K_I \frac{N_{II}}{Z_e} + (m_{II} K_I - m_I K_{II})}{\frac{N_I N_{II}}{Z_e} - (m_I N_{II} + m_{II} N_I)} \quad (18)$$

$$I_{2II} = \frac{K_{II} \frac{N_I}{Z_e} + (m_I K_{II} - m_{II} K_I)}{\frac{N_I N_{II}}{Z_e} - (m_I N_{II} + m_{II} N_I)} \quad (19)$$

Odată aceste valori aflate din ecuaţiile (5) şi (5') se deduc forţele electromotoare :

$$E_{11} = X_{01} I_{01} \quad \text{şi}$$
$$E_{1II} = X_{01} I_{0II}$$

aflându-se valorile I_{01} şi I_{0II}. Aceste valori pot fi aflate în mod corectat din caracteristicile în gol ale fiecărui transformator. Ecuaţiile (7) şi (7') vor permite aflarea curenţilor I_{11} şi I_{1II} şi astfel, se poate cunoaşte toate mărimile care interesează.

Situaţia fiecăruia din cei doi transformatori mergând în paralel este deci perfect determinată. Pentru sarcini mai importante, dacă decalajul exterior cos φ_2 este peste 0,6, aşa cum este cazul general, iar curentul de mers în gol nu trece peste 10%, curenţii I_{11} şi I_{1II} se pot calcula din relaţiile :

$$I_{11} = K_I I_{21} \text{ respectiv, } I_{1II} = K_{II} I_{2II}.$$

Dacă se ţine cont de valoarea curentului magnetizant, formulele (5), (5'), (6'), (6) arată că pentru aflarea forţei electromotoare se necesită cunoaşterea separată a impedanţelor Z_{11} ; Z_{21} ; Z_{1II} ; Z_{2II}. Nu există până azi încercări şi studii mai aprofundate asupra acestei probleme, cu toate că este de dorit şi este necesar ca problema să fie lămurită. Rezistenţa ohmică este în orice caz perfect calculabilă, abstracţie făcând de efectul de mărire aparentă datorat repartiţiei neuniforme a curentului alternativ în conductor, care se poate presupune anihilat prin măsuri constructive potrivite. Pentru determinarea separată a reactanţelor se poate admite cu destulă aproximaţie egalitatea :

$$K_I^2 X_{11} = X_{21} = \frac{X_I}{2} \quad (20)$$

$$K_{II}^2 X_{1II} = X_{2II} = \frac{X_{II}}{2} \quad (20\ a)$$

iar sumele

$$X_I = X_{21} + K_I^2 X_{11} \text{ şi } X_{II} = X_{2II} + K_{II}^2 X_{1II}$$

pot fi cunoscute din calculul obişnuit al tensiunii de scurtcircuit al fiecărui transformator în parte.

In orice caz, chiar dacă relaţiile (20) nu sunt exacte, eroarea, care se face, este numai o parte din eroarea prilejuită de neglijarea influenţei curentului magnetizant asupra căderii de tensiune. Măsurătorile practice au dovedit că influenţa curentului magnetizant asupra căderii de tensiune poate fi neglijată, iar normele GOST 401/41 prin formulele care le dă nu ţine cont de el.

Formulele (17), (18), (19) sunt absolut generale şi dau repartiţia curenţilor între cei doi transformatori mergând în paralel, ţinând cont de toate influenţele, aşa cum s'a menţionat la început că se doreşte. Influenţa curentului magnetizant apare în relaţiile (11), (12), (13), (14), prin termenii conţinând reactanţele X_{01} şi X_{01}. Aşa cum s'a arătat, că influenţa curentului magnetizant în obţinerea căderii de tensiune în transformator este astăzi, în general, unanim neglijată, se va arăta mai jos că influenţa curentului magnetizant asupra repartiţiei curenţilor între doi transformatori mergând în paralel, poate fi cu atât mai mult neglijată. Astfel de exemplu se va determina termenul de tipul :

$$\frac{Z_{1I}}{X_{0I}},$$

din relaţia (11) la un transformator trifazic de 20 kVA 15 000/5 000 V; YZ —5; 0,77/2,3 A, curent de mers în gol maximum 10%, adică 0,077/0.23 A, rezistenţa pe fază a bobinajului de 15 000 V, 300 ohmi, a bobinajului de 5 000 V, 20 Ω, tensiunea de scurtcircuit 6%, adică 520/173 volţi/fază, raportul de transformare 3.

Dacă se neglijează pierderile în fier şi se confundă curentul magnetizant cu cel de mers în gol se obţine :

$$X_{0I} = -j\,\frac{5000}{\sqrt{3}.0{,}23} = -j\,12\,500\ \Omega.$$

Pe de altă parte, impedanţa totală, raportată la bobinajul *1* (de 5 000 V) este :

$$\frac{173}{2{,}3} = 75{,}2\ \Omega.$$

Rezistenţa totală raportată la bobinajul *1* este :

$$20 + \frac{300}{3^2} = 53{,}33\ \Omega.$$

Reactanţa totală raportată la bobinajul 1 este deci :

$$\sqrt{75{,}2^2 - 53{,}33^2} = 53\ \Omega,$$

iar cea raportată la bobinajul 2 este conform notaţiilor adoptate la început :

$$X_I = 53 \times \overline{3}^2 = 477\ \Omega$$

iar după relaţia (20) se obţine pentru X_{1I} valoarea :

$$X_{1I} = \frac{1}{K_I^2}\,\frac{X_I}{2} = \frac{53}{2} = 26{,}5\ \Omega.$$

iar pentru Z_{1I} expresia :

$$Z_{1I} = 20 + j^{26{,}5} = 33{,}2\ e^{j53^\circ}\ \Omega.$$

Se vede că pentru concluziile la care se doreşte a se ajunge, se putea adopta dela început cu suficientă aproximaţie :

$$Z_{1I} = \frac{1}{2}\,\frac{1}{K_I^2}\,Z_I = \frac{1}{2}\,75{,}2\ e^{j\,\mathrm{arc\,tg}\,\frac{53}{53{,}33}} = 37{,}6\ e^{j45^\circ}\ \Omega.$$

Cu elementele determinate până aci se constată, că :

$$\frac{Z_{1I}}{X_{0I}} = \frac{33{,}2\ l\,j^{53^\circ}}{-j\,12\,500} = 0{,}0027\ e^{j\,143^\circ},$$

adică faţă de unitate, o valoare sub 3‰ complet neglijabilă.

Dacă acum se doreşte a se determina valoarea expresiei de tipul :

$$\frac{Z_{1I}Z_{2I}}{X_{0I}}$$

faţă de Z_I din relaţia (13) se va constata că :

$$Z_I = \overline{3}^2 \times 75{,}2\ e^{j\,45^\circ} = 676\ e^{j\,45^\circ}$$

$$Z_{1I} = 33{,}2\ e^{j\,53^\circ}$$

şi se găseşte cu uşurinţă

$$Z_{2I} = 300 + j\,\frac{477}{2} = 300 + j^{\,238{,}5} = 384\ e^{j\,38^\circ.20'}$$

şi se constată că :

$$\frac{Z_{1I}Z_{2I}}{X_{0I}} = 0{,}0027\ e^{j\,143^\circ} \times 384\ e^{j\,38^\circ.20'} \approx -1{,}04\ \Omega.$$

Această valoare este şi mai neglijabilă faţă de Z_I, adică faţă de $676\ e^{j\,45^\circ}\Omega$. Acest lucru se putea vedea uşor dela început, deoarece cu aproximaţie :

$$\frac{Z_{2I}}{Z_I} \approx \frac{1}{2}.$$

Dacă se calculează acum valoarea aceloraşi expresii la un transformator de 5 600 kVA, 15 000/5 000 V, Dy—5; rezistenţa bobinajului de 15 000 V 0,53 Ω/fază, a bobinajului de 5 000 V — 0,015 Ω/fază, tensiunea de scurtcircuit 6%, adică pe fază 900/173 V, curenţii nominali pe fază 124.2/647 A, raport de transformare pe fază 5,2, curent de mers în gol 5% adică 6,2/32,3 A/fază.

Se găseşte :

$$\frac{Z_{1I}}{X_{0I}} = \frac{0{,}137\ e^{j83^\circ.40'}}{-j\,89{,}5} = 0{,}00153\ e^{j173^\circ.40'},$$

adică faţă de unitate o valoare de sub 2‰ complet neglijabilă. Deasemenea se găseşte :

$$\frac{Z_{1I}Z_{2I}}{X_{0I}} - Z_I = -0{,}0056\ e^{j175^\circ.30'} - 7{,}25\ e^{j\,82^\circ.30'},$$

primul termen poate fi deci neglijat față de al doilea termen, acesta aducând o eroare de sub 1‰.

Cu aceste două exemple extreme, se poate deduce, că în ecuațiile (11)...(19) se pot neglija la transformatorii obișnuiți termenii de forma celor de mai sus, astfel încât ecuațiile definitive (17), (18), (19) devin :

$$U_2 = - U_1 \frac{K_I Z_{II} + K_{II} Z_I}{Z_I + Z_{II}} \qquad (21)$$

$$I_{2I} = U_1 \frac{K_{II} - K_I + K_I \frac{Z_{II}}{Z_e}}{Z_I + Z_{II} + \frac{Z_I Z_{II}}{Z_e}} \qquad (22)$$

$$I_{2II} = U_1 \frac{K_I - K_{II} + K_{II} \frac{Z_I}{Z_e}}{Z_I + Z_{II} + \frac{Z_I Z_{II}}{Z_e}} \qquad (23)$$

Aceste formule sunt mult mai simple și mai sugestive decât formulele care se obișnuiesc azi. Ele conțin toți factorii care pot influența mersul în paralel atât ca mărime cât și în direcție. Singura aproximație, care s'a făcut, este că s'a neglijat influența curentului magnetizant. S'a văzut și dovedit că influența acestuia este complet neglijabilă, termenii respectivi având valori sub 2—3‰ față de ceilalți termeni. Este natural ca atunci, când poate exista vreo bănuială asupra influenții curentului magnetizant, să se folosească formulele (17), (18), (19), care țin cont de el și care în fond nu reprezintă o complicație mult prea mare. In orice caz, este deci dovedit că problema repartiției inductanței totale de scăpări între cele două bobinaje este de mică importanță, deoarece această repartiție este legată la rândul ei de curentul magnetizant, a cărui influență este neglijabilă.

Formulele (17), (18), (19) și în special (21), (22), (23), dau vectorii necunoscuți numai în funcție de U_1, care de fapt, este singurul vector cunoscut la mersul în paralel. Formulele, care încă se obișnuiesc azi dau vectorii necunoscuți funcției de I_{0I}, I_{0II}, I_2, care în fond nu sunt nici ei cunoscuți. Aflarea repartiției sarcinii se face cu supoziții de aproximare a lui I_{0I}; I_{0II} și I_2 și a direcției acestora.

Pe de altă parte, din formulele (17), (18), (19), (21), (22), (23), se vede că nu este justificat a examina separat influența diferiților factori, deoarece aceste influențe nu se suprapun nici aritmetic și nici măcar geometric. Formulele menționate se pretează foarte bine și comod la discutarea separată a diferitelor influențe. Aceste influențe separate apar, când cei doi transformatori merg în paralel fără vreo sarcină exterioară. In acest fel se realizează un mers așa zis în opoziție. Influența separată a fiecărui factor, la mersul în opoziție, este bine cunoscută și se află tratată în literatura menționată la finele acestui articol. Discutarea acestor influențe separate, nu se va mai repeta aci. Se va relua însă problema :

INCERCAREA IN OPOZIȚIE A TRANSFORMATORILOR

Funcționarea în opoziție a transformatorilor va rezulta din funcționarea în paralel considerând impedanța circuitului de utilizare $Z_e = \infty$.

Formulele pentru funcționarea în opoziție sunt deci :

$$U_2 = - U_1 \frac{K_I Z_{II} + K_{II} Z_I}{Z_I + Z_{II}}, \qquad (24)$$

$$I_{2I} = - I_{2II} = U_1 \frac{K_{II} - K_I}{Z_I + Z_{II}}, \qquad (25)$$

dacă se neglijează complet influența curentului magnetizant și respectiv :

$$U_2 = - U_1 \frac{K_I N_{II} + K_{II} N_I}{m_I N_{II} + m_{II} N_I}; \qquad (26)$$

$$I_{1II} = - I_{2II} = U_1 \frac{m_I K_{II} - m_{II} K_I}{m_I N_{II} + m_{II} N_I}, \qquad (27)$$

dacă nu se neglijează influența curentului magnetizant. Formula (26) unde, atât la numărător, cât și la numitor sunt sume de valori pozitive bine determinate, poate fi aproape totdeauna înlocuită cu mare aproximație prin relația (24), iar formula (27) poate fi înlocuită cu relația :

$$I_{2I} = - I_{2II} = \frac{K_{II} - K_I + \left(K_I \frac{Z_{1II}}{X_{0II}} - K_{II} \frac{Z_{1I}}{X_{0I}} \right)}{Z_I + Z_{II}} U_1. \qquad (28)$$

Chiar în cazul relației (28) se vede ușor că nu avem o suprapunere de efecte. Curentul de circulație, care rezultă din cauza diferențelor între rapoartele de transformare este :

$$I'_{2I} = - I'_{2II} = \frac{K_{II} - K_I}{Z_I + Z_{II}} U_1, \qquad (29)$$

și nu se adună nici aritmetic, nici geometric la curentul care rezultă din cauza diferențelor între curenții de magnetizare și care este ($K_I = K_{II} = K$) :

$$I''_{2I} = - I''_{2II} = K \frac{\frac{Z_{1II}}{X_{0II}} - \frac{Z_{1I}}{X_{0I}}}{Z_I + Z_{II}} U_1. \qquad (30)$$

Mai mult chiar, se vede un lucru foarte interesant nerelevat până azi. Chiar dacă din cauza curenților magnetizanți, nu există curent de circulație când rapoartele de transformare sunt egale, acest curent de circulație, datorit curenților magnetizanți, reapare atunci când rapoartele de transformare K_I și K_{II} sunt diferite.

S'a văzut mai înainte că la transformatorii obișnuiți de orice putere > 10 kVA expresia :

$$\left| \frac{Z_{III}}{X_{0II}} \right| \leqslant \frac{3}{1000}. \qquad (31)$$

Incercarea de opoziţie la transformatori se face pentru a-i putea încerca în plină sarcină, în care caz se va vedea mai departe că $K_{II} - K_I$ trebue, în procente, să fie mai mare decât suma procentuală a tensiunilor de scurtcircuit a celor doi transformatori presupuşi egali mergând în paralel. Transformatorii actuali au tensiunile de scurtcircuit în general, superioare lui 5%. Dacă se admite acoperitor 4%, ca o tensiune de scurtcircuit minimă, se vede că valoarea U_1 ($K_{II} - K_I$) trebue să depăşească 8% xU_1. Dacă acum se mai observă că componenta după (30) având un maximum după (31) este obişnuit decalată faţă de $K_{II} - K_I$ se vede cu uşurinţă, că în cazul cel mai defavorabil componenta de sarcină provocată de curenţii magnetizanţi este mult inferioară valorii $\frac{0,3}{8,3} \approx 3,7\%$. Intr'o *primă aproximaţie* deci, se poate neglija efectul curenţilor magnetizanţi şi la mersul în opoziţie, în care caz curentul de circulaţie, care este în realitate curentul de sarcină, adică acela cu care se va face proba de încercare a transformatorilor, este dat de relaţia foarte simplă (29). De foarte multe ori este util ca această relaţie să fie pusă şi sub forma următoare :

$$I_{2\,I} = -I_{2\,II} = I_{circ.} = \frac{\lambda \cdot I_n'}{u_k'' + \frac{u_k''}{\beta}} \; ; \qquad (32)$$

unde $\lambda\%$ este diferenţa procentuală între rapoartele de transformare, I_n' curentul nominal al transformatorului de putere mai mică, $\beta = \frac{I_n''}{I_n'}$ este raportul între curentul nominal al transformatorului de putere mai mare şi curentul nominal al transformatorului mai mic, u_k' şi u_k'' sunt tensiunile de scurtcircuit ale acestor transformatori, exprimate în procente faţă de tensiunea nominală. Sigur că relaţia aproximativă (32) este extrem de simplă. Aproximaţia este suficientă, atunci când se doreşte a se calcula curenţii de circulaţie într'o reţea. La platformele de încercare ale fabricilor de transformatoare, unde se pune problema încercării transformatorilor în sarcină, în mod cât mai corect, este util ca sarcina să fie calculată cu ajutorul relaţiei (29), respectiv (28).

Din formula (32) se vede imediat că dacă se doreşte ca I_{circ} să fie egal cu curentul de sarcină, este necesar ca :

$$\lambda \geqslant u_k' + \frac{u_k''}{\beta},$$

iar, dacă transformatorii sunt de aceeaşi putere $\beta = 1$ şi $\lambda \geqslant 2\, u_k'$, adică, se confirmă ceeace s'a afirmat înainte, că diferenţa între rapoartele de transformare trebue să depăşească dublul tensiunii de scurtcircuit al unui transformator.

Incercarea de sarcină prin metoda opoziţiei este foarte comodă şi uşor de executat la fabricile de transformatoare, şi în special la prototipuri. Cu ajutorul formulelor (28) şi (29) se poate determina cu foarte mare exactitate valoarea necesară pentru $K_{II} - K_I$. Această valoare se realizează la transformatoare printr'o priză provizorie suplimentară, care este folosită numai în vederea probei. Proba de sarcină astfel executată ne dă indicaţii suficient de precise asupra valorii construcţiei. Este drept, că încercarea de opoziţie nu poate reproduce cu exactitate condiţiile reale de funcţionare ale transformatorului. Nu este corect însă, de a se respinge această probă, aşa cum obişnuiesc unii. Deasemenea nu este nevoe a se corecta curentul de sarcină cu dispozitive complicate, care reduc foarte mult comoditatea probei, fără a realiza vreo îmbunătăţire esenţială. Cel mai comod este ca executarea încercării de opoziţie să se facă în modul cel mai simplu la platformă, aşa cum s'a indicat aci. Singur constructorul transformatorului trebue să-şi caute priza $K_{II} - K_I$ cea mai potrivită, lucru care urmează să se realizeze numai la prototipuri. Odată priza suplimentară găsită, proba se poate face fără complicaţii. Experienţa arată că calculele corespund cu măsurătorile practice. Cu toate că mulţi transformă relaţiile (28) şi (29) în diferite feluri, este mai bine ca acestea să rămână aşa cum sunt arătate aci, deoarece sunt destul de simple. Singura dificultate este faptul că este necesar a se obişnui să se lucreze cu numere complexe, ceea ce nu este deloc greu (Bibl. 1, 2, 3).

Impedanţele Z_I şi Z_{II} trebue determinate în situaţia de mers în opoziţie. De obicei, una din impedanţe, Z_{II} de pildă, corespunde unui bobinaj având o pătură de curent întreruptă. Calculul lui Z_{II} se va urma după N. I. Bulgacov. (Bibl. 4). Natural că analiza mersului în opoziţie mai poate fi mult extinsă, este însă mai util ca pe baza unui exemplu concret, fiecare să-şi poată trage concluziile care se impun.

Exemplu : Se pune problema încercării unui transformator trifazat de 560 kVA 26.250/1340 V, 12,32/241.5. A leg. Y Y—0.

Se dispune de încă un exemplu similar, aşa cum se întâmplă întotdeauna într'o fabrică de transformatori. După un calcul prealabil s'a găsit că pentru a se realiza o încercare la plină sarcină prin metoda opoziţiei, este necesar $K_I = 19.6$; $K_{II} = 17.4$. Se va reda aci calculul de verificare.

Transformatorul *I* are toate spirele în funcţiune, în timp ce la transformatorul *II* sunt scoase din funcţiune o parte din spirele din mijloc ale bobinajului de înaltă tensiune.

Pentru transformatorul *I* cu absolut toate spirele în funcţiune s'au calculat următoarele date :

$$R_{1\,I} = 0,023\ \Omega\ ;\ R_{2\,I} = 10,3\ \Omega\ ;\ K_I = 19,6\ ;$$
$$u_k = 5,48\ \%.$$

Caracteristica de mers în gol s'a trasat în fig. 2 (sub semnul *I*). Se găsește pe această ca-

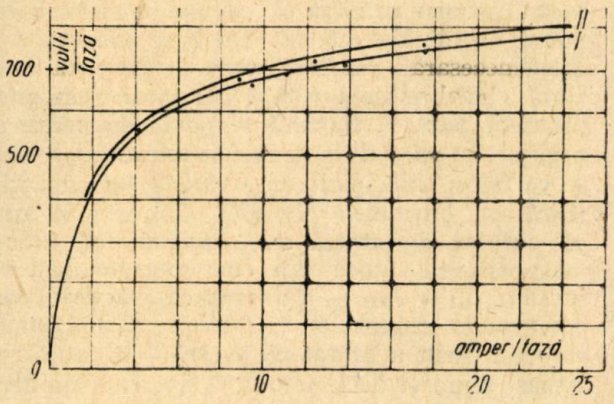


Fig. 2. Caracteristica de mers în gol a doi transformatori trifazici de 560 kVA.

racteristică că la $\frac{1340}{\sqrt{3}} = 774$ V, curentul de mers în gol este de 23 A. Deasemenea :

$$R_I = 10,3 + \overline{19,6}^2 \times 0,023 = 19,15\ \Omega;$$

$$|Z_I| = \frac{\frac{5,48}{100} \times \frac{26250}{\sqrt{3}}}{12,32} = 64,9\ \Omega;\ Z_I = 19,15 + j X_I.$$

Se deduce $X_I = \sqrt{64,9^2 - 19,15^2} = 62\ \Omega$ adică :

$$Z_I = 19,15 + j\,62 = 64,9\ e^{j72°.50'}\ \Omega.$$

Cu ajutorul formulelor (20) și (20 a) se deduce :

$$X_{2I} = \frac{X_I}{2} = \frac{62}{2} = 31\ \Omega,$$

$$X_{1I} = \frac{1}{K_I^2}\,\frac{X_I}{2} = \frac{1}{19,6^2}\,\frac{62}{2} = 0,081\ \Omega,$$

și în consecință rezultă :

$$Z_{1I} = 0,023 + j^{0,081} = 0,084\ e^{j72°.10'}$$

$$Z_{2I} = 10,3 + j^{31} = 32,6\ e^{j72°}.$$

Deasemenea :

$$X_{0I} = -\,j\,\frac{\frac{26\cdot250}{\sqrt{3}}}{23} = -\,j^{33,7}\ \Omega.$$

In mod similar se găsește pentru transformatorul *II*, care nu are toate spirele de înaltă tensiune în funcțiune, următoarele date :

$$R_{1II} = 0,023\ ;\ R_{2II} = 9,1\ \Omega\ ;\ K_{II} = 17,4\ ;$$
$$u_k = 5,96\%.$$

Caracteristica de mers în gol s'a trecut în fig. 2 (sub semnul *II*).

Condițiile locale ale platformei decid că transformatorii vor merge în opoziție, alimentați fiind pe partea de 1340 V. Transformatorul *II*, care nu are toate spirele de înaltă tensiune în circuit, va avea în realitate următoarele date corespunzând puterii de 560 kVA :

560 kVA leg. YY—0 ; 23.350/1340 V; 13,86/241,5 A.

Pe caracteristica de mers în gol se găsește curentul de mers în gol 20.3 A.

Acestea fiind bine fixate se găsește pentru transformatorul *II*, întocmai ca și la transformatorul *I*

$$X_{II} = 56\ \Omega;$$
$$Z_{II} = 16,07 + j\,56 = 58,1\ e^{j74°}\ \Omega;$$
$$X_{2II} = 28\ \Omega;$$
$$X_{1II} = 0,093\ \Omega;$$
$$Z_{1II} = 0,023 + j\,0,093 = 0,0957\ e^{j\,76°.10'}\ \Omega;$$
$$Z_{2II} = 9,1 + j\,28 = 29,4\ e^{j72°}\ \Omega;$$
$$X_{0II} = -\,j\,38,2\ \Omega.$$

Se mai deduce :

$$Z_I + Z_{II} = 35,22 + j\ 118 = 123\ e^{j\,73°.30'}.$$

Restul operațiunilor se fac mecanic pe baza formulelor stabilite mai înainte. După relația (24) se obține :

$$U_2 = -\,U_1\,\frac{K_I Z_{II} + K_{II} Z_I}{Z_I + Z_{II}} =$$

$$= -\,U_1\,\frac{19,6\ (16,07 + j\,56) + 17,4\ (19,15 + j\,62)}{123\ e^{j\,73°.30'}} =$$

$$= -\,\frac{1340}{\sqrt{3}} \cdot \frac{2270\ e^{j\,73°.25'}}{123\ e^{j\,73°.30'}} \approx -14\,300\ \text{V}.$$

Din relația (28) se obține :

$$I_{2I} = -\,I_{2II} = \frac{K_{II} - K_I + \left(K_I\,\frac{Z_{1II}}{X_{0II}} - K_{II}\,\frac{Z_{1I}}{X_{0I}}\right)}{Z_I + Z_{II}}\,U_1 =$$
$$= I_{circ}$$

adică :

$$I_{circ} = \frac{17,4 - 19,6 + \left(19,6\,\frac{0,023 + j\,0,093}{-\,j\,38,2} - \right.}{123\ e^{j73°\,30'}}$$

$$\frac{\left. -17,4\,\frac{0,023 + j\,0,081}{-\,j\,33,7}\right)}{} \times U_1 \qquad \text{sau}$$

$$I_{circ} = \frac{-\,2,2 - (0,00597 + j\ 0,00006)}{123\ e^{j\ 73°.30'}}\,U_1\ \text{A}$$

adică :

$$I_{circ} = -\,\frac{U_1}{55,85}\,e^{-j73°.30'} = -\,13,9\ e^{-j\,73°30'} =$$
$$= -\,3,94 + j\,13,3\ \text{A}.$$

Se poate vedea că influența curentului magnetizant este de circa 2,7‰ și deci, neglijabilă și se putea obține același rezultat mai ușor și mai simplu cu ajutorul formulei (29). Se poate trece acum la determinarea elementelor bobinajului (*I*) de joasă tensiune, adică de pe partea alimentată

$$Z_{2I}\ I_{2I} = 32,6\ e^{j\,72°} \times (-13,9\ e^{-j\,73°30'}) \approx -452\text{V},$$
$$Z_{2II}\ I_{2II} = 29,6\ e^{j\,72°} \times 13,9\ \ e^{-j\,73°30'} \approx 412\ \text{V}.$$

Iar după relațiile (6) și (6′) :

$$K_I\ I_{0I}\ X_{0I} = E_{2I} = U_2 + Z_{2I}\ I_{2I} =$$
$$= -\,14\,300 - 452 = -\,14\,752\ \text{V},$$
$$K_{II}\ I_{0II}\ X_{0II} = E_{2II} = U_2 + Z_{2II}\ I_{2II} =$$
$$= -\,14\,300 + 412 = -\,13\,888\ \text{V}.$$

Mai departe se obține în mod evident :

$$E_{II} = \frac{E_{2I}}{K_I} = \frac{14.752}{19.6} = -\,753\ \text{V} \quad \text{și}$$

$$E_{1\,II} = \frac{E_{2\,II}}{K_{II}} = -\frac{13\,888}{17{,}4} = -796 \text{ V}.$$

Cunoscând forţele electromotoare $E_{1\,I}$ şi $E_{1\,II}$ se poate afla valorile corectate ale curenţilor $I_{0\,I}$ şi $I_{0\,II}$ folosindu-se caracteristicile de mers în gol din fig. 2. Se găseşte $I_{0\,I} = -j\,19$ şi $I_{0\,II} = -j\,22{,}5$ A, iar după formulele (7) şi (7') se obţine

$$I_{II} = I_{0\,I} - K_I\, I_{2\,I} = -j\,19 - 19{,}6\,(-3{,}94 + j\,13{,}3) = 77 - j\,279{,}5 = 299\, e^{j\,108°35'}\text{ A},$$

$$I_{1\,II} = I_{0\,II} - K_{II}\, I_{2\,II} = -j\,22{,}5 - 17{,}4\,(3{,}94 - j\,13{,}3) = -69{,}5 + j\,209{,}5 = 221\, e^{j\,108°20'}\text{ A}.$$

Curentul absorbit este evident

$$I_a = I_{1\,I} + I_{1\,II} = I_{0\,I} + I_{0\,II} + (K_{II} - K_I)\, I_{2\,I} \qquad (33)$$

adică :

$$I_a = I_{1\,I} + I_{1\,II} = 77 - j\,279{,}5 + (-69{,}5 + j\,209{,}5) = 7{,}5 - j\,70 = 73{,}5\, e^{-j\,96°}\text{ A}. \qquad (34)$$

Măsurătorile care s'au făcut au indicat următoarele rezultate foarte apropiate, cu atât mai apropiate cu cât s'au efectuat la o tensiune aplicată de 1347 V, în loc de 1340 V, cât s'a avut în vedere la calcul :

$I_{1\,I} = 307$ A (faţă de 299 calculat)
$I_{1\,II} = 235$ A (faţă de 221 calculat)
$I_a = 73$ A (faţă de 73,5 calculat).

Formulele (33) respectiv (34) indică imediat că puterea wattată este cea corespunzând curentului de 7,5 A, iar cea reactivă este cea corespunzând curentului de 70 A. Valoarea puterii reactive este cât se poate de exactă. Valoarea puterii wattate nu conţine însă pierderile în fier. De aceea, puterea wattată absorbită poate fi aflată mai exact, calculând pierderile în fier şi în cupru. Acestea rezultă uşor din moment ce se cunoaşte pentru fiecare transformator curenţii şi forţele electromotoare, adică inducţia. Unii autori fac acelaşi lucru pentru calculul puterii reactive absorbite. Formulele pe care le dau (35) nu sunt însă exacte, decât în ipoteza că cei doi transformatori sunt identici şi că decalajul în scurtcircuit cos φ_k este acelaşi pentru amândoi.

Formulele date aci sunt însă generale şi valoarea lor se manifestă în special, atunci când cei doi transformatori sunt diferiţi. *Proba de opoziţie poate fi efectuată cu doi transformatori chiar foarte diferiţi intre ei.* Singura condiţie cerută este ca rapoartele de transformare să fie apropiate şi să poată fi aranjate conform calculului prezent, lucru care este întotdeauna posibil la o platformă de încercare. Atenţia trebue desigur concentrată asupra acelui transformator, care este prototip şi care trebue încercat. Celălalt transformator poate fi diferit, în general însă trebue să fie mai mare, pentru a nu se supraîncărca prea mult. Acesta poate fi şi de 5 ori mai mare, formulele date nu sunt limitative. Totuşi, o diferenţă şi mai mare nu este de recomandat, dacă repartiţia sarcinei se face numai prin calcul, deoarece în ce priveşte calculele tensiunii de scurtcircuit, aproximaţiile rezultate sunt de alt ordin la transformatorii foarte mari. Dacă repartiţia sarcinei se face printr'o verificare la platformă, atunci natural că cei doi transformatori pot fi oricât de diferiţi. Dacă se doreşte a se calcula puterea reactivă, care în general reprezintă chiar puterea totală absorbită dela reţea, deoarece puterea wattată se poate de multe ori neglija, în special la transformatorii mai mari, se va folosi principiul conservării puterii reactive (Bibl. 8). Formulele (7), (7'), (25) şi (33) arată că puterea dewatattă se compune din puterea magnetizantă, adică din cea corespunzând curenţilor $I_{0\,I}$ şi $I_{0\,II}$ şi din puterea reactivă, care corespunde curentului $I_{2\,I}$ $(K_{II} - K_I)$. Analiza care s'a făcut a arătat că aceste două puteri au acelaşi semn şi deci, se adună aşa cum de altfel trebuia să fie (Bibl. 8). Dacă se foloseşte formula simplificată (32) şi se consideră că $I_{circ} = I_n$ precum şi $\beta = 1$, se obţine $\lambda = 2\, U_k$. Pe de altă parte, considerând că în scurtcircuit transformatorii absorb numai curent dewattat, lucru care nu este exact decât la transformatorii mari (Bibl. 9) se găseşte cu uşurinţă că puterea dewattată absorbită dela reţea la mersul în opoziţie este :

$$P_{\text{wari}} = \frac{2\,(\varepsilon + u_k)}{100}\, P_{\text{kVA}} \qquad (35)$$

unde ε este procentul reprezentând curentul magnetizant şi P este puterea nominală a celor doi transformatori identici.

Formula (35) este cu atât mai exactă, cu cât condiţiile menţionate sunt îndeplinite. Formula însă nu este exactă în alte cazuri şi în particular când cei doi transformatori nu sunt identici. In acest caz se va calcula puterea reactivă datorită curenţilor de mers în gol, la care se va adăuga puterea reactivă care corespunde relaţiei :

$$U_1\, I_{2\,I}\, (K_{II} - K_I). \qquad (36)$$

Conform relaţiei (25), aceasta se reduce la a găsi partea imaginară din relaţie

$$\frac{1}{Z_I + Z_{II}} \qquad (37)$$

lucru care nu poate reprezenta nici un fel de greutate. Dacă este vorba de transformatori normali mai mari (peste 1000 kVA), astfel încât să se poată neglija partea reală din expresie (37) (Bibl. 9), atunci partea imaginară este chiar inversul părţii imaginare a sumei impedanţelor $Z_I + Z_{II}$, iar puterea reactivă se deduce că va fi aproximativ :

$$P_{\text{wari}} = \frac{\varepsilon' + u_k' + u_k''}{100}\, P' + \frac{\varepsilon''}{100}\, P''; \qquad (38)$$

unde P' este puterea nominală a prototipului ; P'' — puterea nominală a transformatorului al doilea ε' ; ε'' ; u_k' ; u_k'', procentul puterii de mers în gol, respectiv al tensiunii de scurtcircuit la transformatorii P', respectiv P''. Formula (38) ţine cont, că la mersul în opoziţie puterile aparente ale celor doi transformatori sunt aproape

identice şi deci egale cu P', puterea aparentă a prototipului de încercat. Mai este necesar să se remarce un lucru foarte important şi anume că P'' este punerea nominală a transformatorului al doilea, aşa cum va rezulta după potrivirea lui pentru punerea în opoziţie. Această putere, poate şi este de dorit să fie mult mai mică decât puterea de etichetă a transformatorului. Astfel de pildă, dacă se pune în opoziţie transformatorul de 560 kVA din exemplul ales anterior, cu un transformator etichetat 5 600 kVA 220 000/11 000 V, având deci un raport de transformare $K_I = 20$, adică apropiat prototipului de 560 kVA, puterea lui nominală pentru această probă nu va mai fi 5 600 kVA ci :

$$P'' = 5\,600\,\frac{1340}{11\,000} = 682 \text{ kVA}.$$

Mărimile ε'' şi u_k'' din formula (38) trebue determinate la acest aranjament al transformatorului P''. Pentru exemplul ales, se vede că puterea dewatată absorbită dela reţea, este mai mică, decât dacă s'ar dispune de doi transformatori identici de 560 kVA, deoarece transformatorul P'' la 1340 V va absorbi în gol o putere cu totul insignifiantă. In cazul când tensiunea aplicată pentru mersul în opoziţie este cea de etichetă a transformatorului P'', nu mai este recomandabil ca P'' să fie mult mai mare ca P', deoarece este evident că puterea absorbită dela reţea ar putea deveni prea mare. Formula (38) este extrem de simplă şi poate fi folosită pentru a verifica rapid sarcina de care trebue să se dispună, pentru a se efectua proba de opoziţie. Cu aproape aceeaşi uşurinţă se poate folosi şi formulele (36) şi (37). Acestea au avantajul că sunt mai exacte şi în plus, nu pot provoca nici o confuzie, iar valorile impedanţelor Z_I şi Z_{II} sunt în orice caz necesare la calculul sarcinii P' a prototipului de încercat şi care trebue făcut cât mai exact.

Nu se poate încheia fără a se menţiona că proba de opoziţie nu reproduce în mod chiar identic condiţiile de funcţionare reală ale transformatorului. Cauza este factorul de putere redus, la care se efectuează proba. Din formula (25) se vede că acest factor de putere este o medie între factorii de putere în scurtcircuit al celor doi transformatori. Cu cât transformatorii sunt mai mari, cu atât acest factor se apropie de zero. Pentru remedierea parţială a acestui defect sunt preconizate o serie de sisteme, unele mai complicate ca altele. Din păcate, în acest caz, proba de opoziţie se complică într'un grad suficient de mare, ca să existe tendinţa de a nu o mai folosi deloc. Este însă o greşeală a minimaliza valoarea probei, care, folosită în modul cel mai simplu posibil, constitue o probă de mare valoare. Dacă prototipul se încălzeşte la limită, desigur că analiza probei şi a sarcinei trebue făcută mai atent, lucru totdeauna posibil.

Bibliografie:

1. *Petrov N. G.*: Transfomatori. ONTI NKTP, Ed. Energetica de Stat, 1934. Funcţionarea în paralel a transformatorilor pag. 148—170.

2. *Kastenco P. M.*: Maşini electrice (partea I-a). Ed. Gosenergoizdat. Leningrad-Moscova. Mersul în paralel al transformatorilor, cap. XXI, pag. 365—378.

3. *Kastenco P. M.*: Maşini electrice, (partea a II-a). Ed. Energoizdat. Leningrad-Moscova 1949. Transformatori cu 3 înfăşurări, cap. II, pag. 32—39.

4. *Piotrovski L. M.*: Funcţionarea în paralel a transformatorilor. Maşini electrice, cap. XX, pag. 219—223, Gosenergoizdat 1949.

5. *Bulgacov I. N.*: Calculul transformatorilor, traducere din limba rusă, Ed. Tehnică, 1951. Calculul tensiunii de dispersiune, paragraf 5—2, pag. 124—131 şi Anexa VIII. Tensiunea de dispersiune, pag. 264—269.

6. Catalogul de transformatori de forţă normali al Ministerului Industriei Electrice a U.R.S.S.

7. GOST 401—41.

8. *Budeanu I. C.*: Puteri reactive şi fictive. Ed. I. E. R. 1927.

9. *Vasilescu A.*: Câteva consideraţii în legătură cu încercarea de scurtcircuit la transformatorii de mare putere. Electricitatea. 12 (1951), 30—31.

10. *Füstös C.*: Funcţionarea în paralel a transformatorilor. Electricitatea 4—5 (1950), 183—187.

★

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ХОД И ИСПЫТАНИЕ НА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Резюме

Во первых статья выводит уравнения распределения нагрузки между трансформаторами работающими паралельно, Исследование проводится только аналитическим путем. Для этой цели использованы сложные основные уравнения функционирования трансформаторов. В отличие от распределительных формул вообще известных, приходят к отношениям более простым, которые в то же время зависят только от одной известной переменной, а именно напряжения питания v_1. Указываются влияния магнетизирующего тока, который совершенно может быть не принят в расчет при параллельном ходе.

Затем рассматриваются какие существуют отношения функционирования при испытании на противодействие трансформатора, учитывая при этом и эффект магнитизирующего тока, который в этом случае может быть иногда значительным. Результаты расчета подтверждаются примером, измерения оправдывая с большой точностью вычесления. Указывается на то, что предлагаемые формулы являются полезными, в особенности тогда, когда испытание на противодействие проводятся с двумя различными трансформаторами, из которых один это прототип, который необходимо проверить на нагрев.

Не следует усложнять испытание, ценность его является тем большей, чем оно проще. Поэтому испытание на противодействие, используя трансформаторы, которые находятся под рукой, безразлично, если они тождественны или нет с прототипом, следует расширять. Мощность поглощения из сети часто является более малой, если трансформаторы различны.

★

CIRCUITELE FEROMAGNETICE

Prof. dr. ing. PLAUTIUS ANDRONESCU

Circuitul feromagnetic, formează unul din elementele de bază în cadrul funcționării mașinilor electrice. La stabilirea unui astfel de circuit, relația : B = μH apare ca o relație fundamentală. O cercetare amănunțită a fenomenului magnetic, ne arată că există o deosebire între felul pur formal de aplicare a acestei relații și interpretarea fizică ce trebuie să i se atribuie. O cunoaștere cât mai exactă a caracterului fizic și a justificării pentru utilizarea acestei relații, formează obiectul lucrării de față.

Circuitele feromagnetice se împart în circuite feromagnetice omogene și neomogene cu și fără turbioni electrici reali.

Turbionii electrici reali $\bar{j}$ au întotdeauna o repartizare volumetrică, dat fiind că mișcarea electronilor și a ionilor în spațiul macrocosmic sub acțiunea intensității câmpului electric $\bar{\varepsilon}$, umple un volum ; astfel de mișcări nu se pot efectua așa dar numai pe suprafețe.

Apariția circuitelor feromagnetice fără existența turbionilor electrici reali, se datorește prezenței numai a turbionilor electrici liberi, care pot fi considerați atât volumetrici $\bar{j}'$ cât și superficiali g' și care au loc în spațiul ocupat de magneții permanenți.

Astfel de turbioni se sustrag măsurărilor directe, dat fiind că ei există numai în spațiile microcosmice.

Curenții electrici corespunzători lor, sunt cunoscuți sub denumirea de curenții electrici moleculari ai lui Ampère.

Starea de magnetizare specifică a spațiului într'un punct oarecare, se evidențiază prin inducția magnetică $\bar{B}$, măsurată în Gauss, care face parte dintr'un câmp vectorial eminamente solenoidal (div $\bar{B} = 0$).

In consecință $\bar{B}$ se determină din :

$$\bar{B} = \text{rot } \bar{A}_B \qquad (1)$$

în care funcțiunea potențială vectorială $\bar{A}_B$ evidențiază starea de magnetizare a spațiului în orice punct din el.

$\bar{A}_B$ care deasemeni face parte dintr'un câmp solenoidal, depinde atât de existența turbionilor electrici volumetrici reali și liberi : $\bar{j}$, $\bar{j}'$, de turbionii electrici liberi superficiali $\bar{g}'$, cât și de însușirea spațiului de a se magnetiza, exprimată prin permeabilitatea magnetică a spațiului vid μ_0 .

Ecuația diferențială care stă la baza stării de magnetizare a spațiului :

$$-\nabla^2 \bar{A}_B + \frac{\varepsilon\mu}{c^2}\frac{\partial^2 \bar{A}_B}{\partial t^2} = 4\mu_0(\bar{j} + \bar{j}') \qquad (2)$$

ne conduce la soluția :

$$\bar{A}_B = \frac{\mu_0}{c}\int d\sigma \frac{\bar{j}+\bar{j}'}{r} + \frac{\mu_0}{c}\int ds \frac{\bar{g}'}{r} \qquad (3)$$

în care : $\bar{j}$, $\bar{j}'$, g' apar ca funcțiuni de $(t - \frac{r}{v_u})$

V_u reprezintă viteza de propagare a undei electromagnetice :

$$V_u = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}} . \qquad (4)$$

In cazul general al câmpului electromagnetic, funcțiunea vectorială $\bar{A}_B$ conține și o componentă potențială datorită relației :

$$\text{div } \bar{A}_B = -\frac{\varepsilon\partial}{c}\frac{\partial V}{\partial t} \qquad (5)$$

care ne arată că există o interdependență între funcțiunea potențială scalară V și funcțiunea potențială vectorială $\bar{A}_B$ în cadrul câmpului electromagnetic.

La frecvența industrială de 50 Hz : $\bar{j}$, $\bar{j}'$, $\bar{g}'$ pot fi considerate ca funcțiuni numai de timp t ceeace înseamnă că starea de magnetizare a spațiului e considerată ca quasistațională.

In exemplele care urmează, se consideră $\bar{j}$, $\bar{j}'$, $\bar{g}'$ cu constante în raport cu timpul, astfel că $\bar{A}_B$ posedă o singură componentă solenoidală.

CIRCUITUL MAGNETIC OMOGEN

Dat fiind că liniile de forță ale inducției magnetice $\bar{B}$ cari apar ca linii închise, înlănțuie liniile de forță ale turbionilor se ia ca exemplu de circuit magnetic omogen un miez de fier în formă de tor, la suprafața căruia se găsește repartizat în mod uniform o bobină cu W spire (fig. 1).

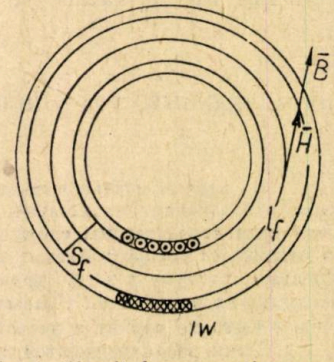


Fig. 1. Circuit feromagnetic omogen.

Liniile de forță ale câmpului inducției magnetice $\bar{B}$ sunt cercuri, cari înlănțuie cele W spire.

Existența turbionului electric real $\bar{j}$ ne conduce mai întâi la determinarea funcțiunii potențiale vectoriale A_H

$$\bar{A}_H = \frac{1}{c}\int d\sigma \frac{\bar{j}}{r} \qquad (6)$$

iar prin :

$$\bar{H} = \text{rot } \bar{A}_H \qquad (7)$$

se exprimă intensitatea câmpului magnetic măsurată în Oersted.

In general un turbion electric $\bar{j}$ are loc undeva într'un spaţiu dat limitat ; în schimb intensitatea câmpului magnetic $\bar{H}$ apare în tot spaţiul până la infinit unde devine nul.

Ca urmare o astfel de intensitate de câmp, o putem considera ca *reprezentanta* turbionului electric $\bar{j}$ în orice punct din spaţiu.

Datorită însuşirii spaţiului de a se magnetiza, evidenţiată prin μ_0 înseamnă că în prezenţa lui $\bar{H}$ spaţiul se magnetizează, iar starea de magnetizare a spaţiului o exprimăm prin $\mu_0 \bar{H}$ ceeace evidenţiază legătura între cauză şi efect.

In spaţiu însă, mai apare un surplus de magnetizare, datorită existenţei şi a turbionilor electrici liberi, situaţi în spaţiul ocupat de corpul feromagnetic.

Ca urmare, starea de magnetizare rezultantă a spaţiului se exprimă în forma :

$$\bar{B} = \mu_0 \bar{H} + \bar{M}_f = \mu \bar{H} \qquad (8)$$

$\bar{M}_f$, vectorul de polarizare magnetică, deasemeni solenoidal, evidenţiază starea de magnetizare specifică a spaţiului, datorită existenţei turbionilor electrici liberi şi a însuşirii spaţiului de a se magnetiza.

Avem :

$$\bar{A}_M = \frac{\mu_0}{c} \int d\sigma \frac{\bar{j}}{r} + \frac{\mu_0}{c} \int ds \frac{\bar{g}'}{r} \qquad (9)$$

$$\bar{M}_f = \text{rot } \bar{A}_M$$

In (8) se exprimă $\bar{B}$ şi în funcţiune numai de $\bar{H}$.

Aceasta înseamnă că se introduce un turbion echivalent închipuit $\zeta \bar{j}$ care exercită într'un punct din spaţiu aceiaşi acţiune de magnetizare ca şi turbionii electrici reali şi liberi.

In exemplul circuitului magnetic omogen se obţine :

$$\zeta \bar{j} = \bar{j} + \bar{j}' \qquad \bar{A}_B = \frac{\mu_0}{c} \int d\sigma \frac{\zeta \bar{j}}{r} = \frac{\mu}{c} \int d\sigma \frac{\bar{j}}{r}$$

astfel că : (10)

$$\mu_0 g = \mu$$

μ denumit permeabilitatea magnetică a ferului, evidenţiază pe de o parte însuşirea spaţiului de a se magnetiza (μ_0), iar pe de altă parte prin ζ se arată în ce măsură ne închipuim mărit turbionul electric real, pentru a ajunge la starea de magnetizare rezultantă a spaţiului, evidenţiată prin inducţia magnetică $\bar{B}$. In cadrul cercetării ştiinţifice a fenomenului magnetic se obişnuieşte să se mai formeze şi relaţia :

$$\bar{I} = \frac{\bar{M}^f}{4\pi} = \frac{\mu - \mu_0}{4\pi} \bar{H} = \varkappa \bar{H} \qquad (11)$$

$\bar{I}$ e denumit intensitate de magnetizare magnetică, iar $\varkappa$ susceptibilitatea magnetică.

In cazul acesta μ apare în forma :

$$\mu = \mu_0 + 4\pi\varkappa \qquad (12)$$

în care acţiunea magnetică a turbionului electric liber nu se mai evidenţiază printr'un factor ζ ci printr'un termen aditiv.

Se obţine :

$$\bar{B} = \{\mu_0 + 4\pi\varkappa\} \bar{H} = \mu_0 \bar{H} + 4\pi\varkappa \bar{H} = \mu_0 \bar{H} + \bar{M}_f$$

Cu toate că μ_0 are o valoare numerică egală cu unitatea, nu e permis să se scrie :

$$\mu = 1 + 4\pi\varkappa$$

aşa cum se întâlneşte deseori în literatură, deoarece μ_0 posedă aceiaşi dimensiune ca şi $\varkappa$.

Problema fundamentală care se pune atunci când se dă un circuit magnetic, constă în determinarea inducţiei magnetice $\bar{B}$ în funcţiune de amperespirele reale (IW) denumită *caracteristica de magnetizare.*

In lucrarea de faţă nu ne referim şi la energia magnetică înmagazinată în spaţiul magnetizat.

Pe cale *experimentală* cu ajutorul legii inducţiei se determină din :

$$\Phi = \int_{S_f} (d_s \bar{B}) \qquad (13)$$

inducţia magnetică mijlocie $\bar{B}$ care străbate secţiunea S_f a tubului de forţă.

Fluxul magnetic Φ se măsoară în maxweli. Pe de altă parte, din aplicarea legii circuitului magnetic :

$$\Phi \int_{l_f} (d\bar{l}\, \bar{H}) = H l_f = 4\pi \frac{iA}{10} W \qquad (14)$$

se obţine *prin calcul*, atunci când se dau (iAw) intensitatea câmpului magnetic H pe linia de forţă mijlocie l_f.

In felul acesta se determină pe lângă *caracteristica de magnetizare* : $B = f(iw)$ şi *curba de magnetizare* : $B = f(H) = \mu H$ din care μ se obţine prin calcul (fig. 2).

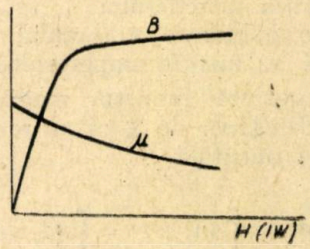


Fig. 2. Curba de magnetizare $B = f(H)$.

Curba de magnetizare din fig. 2 se obţine pe cale experimentală şi numai în cazul când circuitul magnetic e *omogen.*

Intr'un astfel de caz : ζ din $\mu_0 \zeta = \mu$ depinde numai de turbionii electrici liberi.

Pentru a se constata, că poate să existe şi cazuri când ζ depinde nu numai de turbionii liberi ci şi de dimensiunile circuitului magnetic, trecem la un circuit magnetic neomogen.

Dacă din miezul de fier din fig. 1 se îndepărtează o mică bucată de lungime δ, se creiază un circuit magnetic neomogen (fig. 3).

Secţiunea tubului de forţă S_δ în intrefier, creşte puţin faţă de secţiunea S_f din miezul de fier.

Circuitul magnetic e considerat aşa dar, ca cunoscut.

Amperspirele reale $(i^A w)$ le menţinem neschimbate, de unde rezultă că intensitatea câmpului magnetic $\bar{H}_A$ produs de aceleaşi amperespire ca în cazul circuitului magnetic omogen, va reprezenta *acelaş câmp magnetic solenoidal.*

Indicele A, evidenţiază că $\bar{H}$ e solenoidal.

Linia de forţă menţinându-se în formă de cerc, rezultă că atât în intrefier cât şi în spaţiul ocupat de fier, vom avea :

$$\bar{H}_{\delta A} = \bar{H}_{fA} = H_A \qquad (15)$$

$$H_A (l'_f + \delta) = 4\pi \frac{i^A}{10} W \qquad (16)$$

H_A reprezintă o *realitate fizică* pe care noi deobicei nu o folosim, ba mai mult o şi ignorăm.

La rezolvarea problemei circuitului magnetic neomogen, se foloseşte o intensitate de câmp $\bar{H}_\delta$ în intrefier, care e cu mult mai mare ca $\bar{H}_f$ din spaţiul ocupat de fier.

O astfel de intensitate de câmp magnetic folosită de noi, conţine pe lângă componenta solenoidală $\bar{H}_A$ şi o componentă potenţială fictivă H_v.

A arăta cum apare o astfel de componentă potenţială şi care e rostul ei, formează obiectivul principal al acestei lucrări.

Dat fiind că turbionii electrici reali nu pot produce decât o intensitate de câmp magnetică de natură solenoidală, înseamnă că atât timp cât se ia în considerare numai componenta solenoidală a lui $\bar{H}$, aşa cum s'a arătat în (16), cercetarea circuitului magnetic neomogen se găseşte în perfectă concordanţă cu reprezentarea fenomenului magnetizării.

Prin apariţia intrefierului δ, se constată experimental o micşorare a fluxului magnetic Φ, atunci când se menţin amperespirele constante. Fig. 4, reprezintă inducţia magnetică $\bar{B}_\delta$ în intrefier în funcţiune de δ, ca un rezultat stabilit pe cale experimentală.

Din :

$$\Phi = \int_{S_f} (d_s \bar{B}_f) = \int_{S_\delta} (d_s B_\delta) \qquad (17)$$

se deduce că în cazul când S_δ e ceva mai mare ca S_f (fig. 3) $\bar{B}_\delta$ respectiv $\bar{M}_{\delta A}$, devin ceva mai mici ca : $\bar{B}_f$ resp. $\bar{M}_{fA}$. Relaţia fundamentală (8) valabilă pentru oricare circuit magnetic, obţine formulele :

$$\begin{aligned} \bar{B}_f &= \mu_0 \bar{H}_{fA} + \bar{M}_{fA} = \mu_f \bar{H}_A \\ \bar{B}_\delta &= \mu_0 \bar{H}_{\delta A} + \bar{M}_{\delta A} = \mu_\delta \bar{H}_A \end{aligned} \qquad (18)$$

în care s'a ţinut seama de relaţia (15).

Relaţiile (18), redau în mod fidel starea de magnetizare a spaţiului, atât în intrefier, cât şi şi în fier, deoarece în prezenţa turbionilor electrici reali şi liberi, nu pot exista decât câmpuri vectoriale solenoidale.

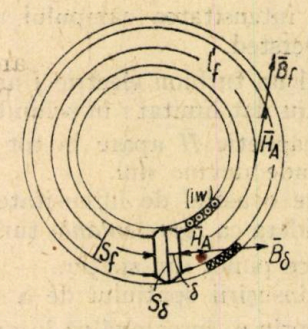


Fig. 3. Circuit magnetic neomogen.

Pentru circuitul magnetic neomogen dat, *caracteristica de magnetizare* :

$$B_\delta = f\,(i_A w) \qquad (19)$$

se determină în felul arătat mai sus, şi anume, numai pe cale experimentală.

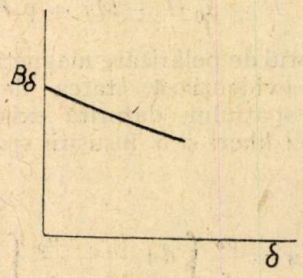


Fig. 4. Inducţia magnetică în intrefier în funcţie de δ

Dat fiind că $\bar{H}_A$ e cunoscut din (16) se obţine :

$$\begin{aligned} B_\delta &= f_1 (H_A) = \mu_\delta H_A \\ B_f &= f_2 (H_A) = \mu_f H_A \end{aligned} \qquad (20)$$

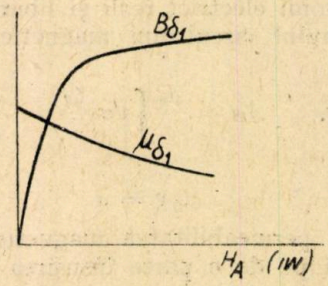


Fig. 5. Caracteristica de magnetizare.

Atât μ_δ cât şi μ_f din (20) depind nu numai de calitatea magnetică a fierului — adică de felul cum acţionează turbionii electrici liberi, atât în fier cât şi în intrefier — ci şi de datele circuitului magnetic : l_f, δ, S_f, S_δ.

In cazul circuitului magnetic omogen, μ prin factorul ζ din $\mu_0 \zeta$ depindea numai de turbionii electrici liberi.

In consecinţă, când se dau amperespirele reale $\left(i^A_W\right)$, se calculează uşor H_A din (16) ;

B_δ însă, nu se poate determina decât dacă μ_δ ar fi cunoscut; ceeace înseamnă că trebue să se cunoască caracteristica: $\mu_\delta = f(H_A)$ care nu se poate obține decât pe cale experimentală.

Se pune așa dar întrebarea:

Dacă caracteristica de magnetizare pentru un circuit magnetic neomogen dat, poate să fie obținută și prin calcul?

Determinarea caracteristicei de magnetizare a unui circuit magnetic neomogen, prin calcul, e posibilă dacă admitem să se introducă un compromis, cu scopul de a se folosi curba de magnetizare stabilită pentru cazul când circuitul magnetic era omogen.

In acest scop, se introduce o ipoteză la calcularea circuitului magnetic neomogen, care nu are nici un substrat fenomenologic, ci numai unul pur matematic.

Se introduc condițiile:

$$\overline{M}_\delta = 0 \quad \overline{M}_f \neq 0. \tag{21}$$

Dacă câmpul vectorial $\overline{M}_f$ devine limitat numai în spațiul ocupat de miezul de fier — așa cum îl întâlnim la un circuit magnetic omogen — atunci suntem constrânși să considerăm vectorul $\overline{M}$ ca o sumă de două componente: una solenoidală și alta potențială.

Compromisul matematic evidențiat prin (21), nu trebue să schimbe caracterul solenoidal atribuit inducției magnetice $\overline{B}$.

In consecință, suntem constrânși să considerăm și vectorul $\overline{H}$ exprimat tot printr'o sumă de două componente: una solenoidală și alta potențială.

Componentele potențiale ale lui $\overline{M}$ și $\overline{H}$, sunt mărimi de calcul închipuite, introduse după cum vom vedea, numai cu scopul de a se obține prin calcul caracteristica de magnetizare a circuitului neomogen.

Relațiile cu caracter fizic din (18) vor lua formele:

$$\begin{aligned} \overline{B}_f &= \mu_0 \overline{H}_{fA} + \mu_0 \overline{H}_{fv} + \overline{M}_{fv} + \overline{M}_{fA} = \\ &= \mu_0 \overline{H}_f + \overline{M}_f = \mu \overline{H}_f \\ \overline{B}_\delta &= \mu_0 \overline{H}_{\delta A} + \mu_0 \overline{H}_{\delta v} + \overline{M}_{\delta v} + \overline{M}_{\delta A} = \\ &= \mu_0 (\overline{H}_{\delta A} + \overline{H}_{\delta v}) = \mu_0 \overline{H}_\delta \end{aligned} \tag{22}$$

în care avem:

$$\begin{aligned} &\overline{M}_{fv} + \overline{M}_{fA} = \overline{M}_f && \mu_0 \overline{H}_{fv} + \overline{M}_{fv} = 0 \\ &\overline{M}_{\delta v} + \overline{M}_{\delta A} = \overline{M}_\delta = 0 && \mu_0 H_{\delta v} + M_{\delta v} = 0 \\ &\overline{H}_{fA} + \overline{H}_{fv} = \overline{H}_f && H_{fv} l'_f = \overline{H}_{\delta v} \delta \\ &\overline{H}_{\delta A} + \overline{H}_{\delta v} = \overline{H}_\delta \end{aligned} \tag{23}$$

Pentru a se putea introduce componentele potențiale: M_v, H_v, trebue să admitem că există anumite sarcini magnetice libere, ca mărimi fictive de calcul, situate pe suprafețele S_1, S_2 ale tubului de forță, din fig. 6.

Se începe cu aplicarea relației (22) introducând mai întâi $\overline{M}_{\delta v}$ opus cu $\overline{M}_{\delta A}$, dar ambele cu aceleași valori numerice luate absolut.

Vom introduce apoi pe $\mu_0 \overline{H}_{\delta v}$ opus cu $\overline{M}_{\delta v}$ așa fel, ca suma acestor doi vectori să fie nulă pentru ca $\overline{B}_\delta$ să se mențină solenoidal.

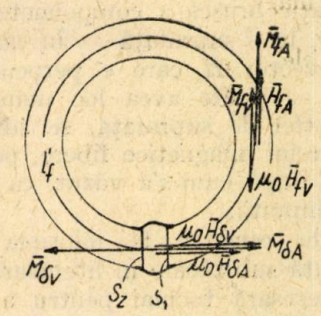


Fig. 6. Vectorii potențial și solenoidal din circuitul magnetic.

In felul acesta, în intrefier, vectorul potențial $\mu_0 \overline{H}_{\delta v}$ înlocuiește vectorul $\overline{M}_{\delta A}$.

In consecință, inducția magnetică $\overline{B}_\delta$, se mai poate exprima și prin μ_0 înmulțită cu $\overline{H}_\delta$.

Prin aplicarea relației (22), facem să dispară μ_δ și să apară μ_0.

Introducerea componentelor potențiale pentru $\overline{H}$, nu schimbă legea circuitului magnetic.

Se obține:

$$\begin{aligned} H_{\delta A}\,\delta + H_{\delta v}\,\delta + H_{fA}\,l'_f - H_{fv}\,l'_f = H_\delta\,\delta + \\ + H_f\,l'_f = 4\pi \frac{i^A}{10} W \end{aligned} \tag{24}$$

în care avem:

$$H_{\delta v}\,\delta - H_{fv}\,l'_f = 0. \tag{25}$$

Așa dar, prin introducerea condițiilor (21), s'a ajuns la folosirea relației:

$$\overline{B} = \mu \overline{H} \tag{22 a}$$

care în intrefier, ia forma:

$$\overline{B}_\delta = \mu_0 \overline{H}_\delta \tag{22 b}$$

iar în fier devine:

$$\overline{B}_f = \mu \overline{H}_f.$$

In consecință, pentru un flux magnetic Φ dat, care e același, atât în intrefier ca și în fier, rezultă că în intrefier unde folosim de data aceasta μ_0 în loc de μ_δ, fenomenul se petrece ca și cum o parte din amperespirele date ($i^A W$) ar produce toată inducția magnetică în intrefier.

In fier, unde fluxul magnetic e produs atât de amperespirele reale cât și de cele libere, va apare acel $\overline{H}_f$ pe care-l avem ca la un circuit feromagnetic omogen, deoarece $\overline{M}_f$ e diferit de zero numai în fier.

Ca urmare, restul de amperespire, vor corespunde lui $\overline{H}_f$. De aci rezultă că: se poate folosi curba de magnetizare din fig. 2 stabilită pentru

un circuit magnetic omogen şi *la determinarea prin calcul* a caracteristicei de magnetizare pentru un circuit feromagnetic neomogen dat.

Când se foloseşte relaţia (22 a) în sensul arătat în (22 b), înseamnă că $\bar{H}$ suferă o variaţie bruscă atunci când linia de forţă trece prin suprafaţa S_1 (fig. 6).

Ori, o variaţie bruscă a componentei normale a unui vector, la o suprafaţă — în cazul nostru a întregului vector H care e perpendicular la suprafaţa S_1 — poate avea loc numai atunci, când pe o astfel de suprafaţă, se admite existenţa unei sarcini magnetice libere, pe care noi o considerăm, după cum s'a văzut, ca o mărime de calcul închipuită.

O astfel de remarcă la folosirea relaţiilor (22 b), e trecută sub tăcere în literatură. Menţionarea ei e necesară tocmai pentru a arăta că relaţia (22 a), nu corespunde exact fenomenului magnetic.

După cum se vede, se jertfesc relaţiile exacte (16), (18) din punct de vedere fenomenologic, în avantajul relaţiilor (22 a), (24) care conţin totuşi mărimi fictive, numai cu scopul aplicării unei metode practice pentru calcul, a circuitului feromagnetic neomogen.

Cu toate că în relaţiile (22 a), (24) apar mărimi fictive, caracterul solenoidal al inducţiei magnetice este păstrat.

Se remarcă, că folosirea legii circuitului magnetic în forma (24), prezintă faţă de aceia în forma (16), un mic inconvenient. Pe când din (16) se poate obţine uşor H_A, atunci când se dau amperespirele (i^A_W) din (24) H_δ, H_f, nu pot fi determinate direct.

Acest inconvenient se înlătură în felul următor :

Se fixează diferite valori arbitrare pentru B_δ, de unde se deduc atât B_f cât şi H_δ.

Din curba de magnetizare se obţine apoi valoarea H_f corespunzătoare lui B_f.

Se formează suma

$$H_f \, l'_f + H_\delta \cdot \delta$$

şi se determină din (24) amperespirele (i^A_W).

In felul acesta, se obţine *prin calcul caracteristica de magnetizare* :

$$B_\delta = \mathrm{f}\,(iW).$$

Ca încheiere, se mai relevă că în (23) $\bar{M}_f$, va apare în întregime ca un câmp solenoidal, atunci când intrefierul devine nul.

Din acest motiv, se foloseşte numai circuitul magnetic omogen, pentru determinarea *curbei de magnetizare.*

Reluctanţa magnetică. In locul relaţiei (22 a), valabilă în orice punct din fier, respectiv intrefier, se introduce pentru întregul tub de forţă o legătură directă între *tensiunea magnetomotrice* dată $4\pi \frac{i^A_W}{i0}$ şi *căderea magnetică* exprimată prin produsul între fluxul magnetic Φ şi rezistenţa magnetică R_m denumită şi reluctanţă.

In acest scop ne folosim de integrala

$$\oint_{\Phi} \frac{(d\bar{l}\,\bar{H})}{(d\bar{s}\,\bar{B})} \qquad (26)$$

efectuată pentru întregul tub de forţă. In expresia (26), se introduce o integrală de linie pentru $\bar{H}$ şi o integrală de suprafaţă pentru $\bar{B}$, dat fiind că aceste integrale pot fi determinate experimental.

Ţinându-se seama că în numitorul raportului (26) apare fluxul magnetic :

$$\Phi = \int (d\bar{s}\,\bar{B})$$

care e constant, pentru orice secţiune S a tubului de forţă, rezultă că integrala (26) ia forma :

$$\oint_{\Phi} \frac{(d\bar{l}\,\bar{H})}{(d\bar{s}\,\bar{B})} = \frac{1}{\Phi} \oint (d\bar{l}\,\bar{H}) = \frac{1}{\Phi} 4\pi \frac{i^A_W}{10} \qquad (26\ a)$$

Pe de altă parte, vectorii : $\bar{H}$, $\bar{B}$, dl, ds posedând acelaş vector unitar şi considerându-se secţiunea tubului de forţă aşa de mică, încât $\bar{B}$ să poată fi considerat ca constant pentru orice element de suprafaţă de pe secţiunea S, mai rezultă :

$$\oint_{\Phi} \frac{(d\bar{l}\,\bar{H})}{(d\bar{s}\,\bar{B})} = \oint_{\Phi} \frac{dl\,H}{\mu\,H/ds} = \oint_{\Phi} \frac{dl}{\mu\,S} = R_m. \qquad (26\ b)$$

Din (26 a) şi (26 b) se obţine relaţia :

$$4\,\mu \frac{i^A_W}{10} = \Phi\, R_m. \qquad (26\ c)$$

Pentru circuitul feromagnetic neomogen din fig. 3 rezultă :

$$4\pi \frac{i^A_W}{10} = \Phi \left\{ \frac{\delta}{\mu_0 S_\delta} + \frac{l'_f}{\mu\, S_f} \right\} \qquad (27)$$

Din aplicarea legii circuitului magnetic în forma (27), se deduce ca şi cum fluxul magnetic Φ ar fi produs în întregime numai de amperespirele reale, în care scop se introduce mărimea de calcul denumită rezistenţa magnetică sau reluctanţa.

Se constată uşor, că în cazul când ia fiinţă intrefierul, fluxul magnetic Φ se micşorează.

MAGNETUL PERMANENT

a) *Circuitul magnetic omogen.* Trecem la circuitul magnetic omogen fără turbioni electrici reali.

Printr'o anumită variaţie a curentului electric, care curge în bobina din fig. 1, se obţine curba histerezis din fig. 7 *b*.

In cazul acesta $\bar{H}_A$ e solenoidal, iar inducţia magnetică se exprimă în forma (8).

In punctul *1* din fig. 7 *b* inducţia magnetică fiind nulă ($\bar{B} = 0$) înseamnă că acţiunea amperespirelor reale compensează acţiunea amperespirelor libere.

În punctul *2* acțiunea amperespirelor libere e nulă. Inducția magnetică e produsă numai de amperespirele reale ($\bar{M}_f = 0$).

În punctul *3* acțiunea amperespirelor libere și-a schimbat sensul față de acela din punctul *1* și se adună la acțiunea amperespirelor reale.

Când $\bar{M}_f$ își schimbă sensul, trebuie să treacă prin valoarea zero, ceeace se petrece în punctul *2*.

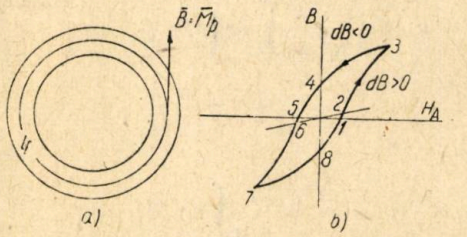


Fig. 7. *a* — magnet permanent cu circuit magnetic omogen, *b* — curba histerezis.

În punctul *4* inducția magnetică are loc numai datorită acțiunii amperespirelor libere ($\bar{H}_A = 0$).

În punctul *5*, ca și în punctul *1*, acțiunile amperespirelor reale și ale celor libere, se compensează între ele; numai că acțiunile lor sunt inversate față de sensul acelora din punctul *1*.

În punctul *6*, acțiunea amperespirelor libere ca și în punctul *2* devine nulă ($\bar{M}_f = 0$).

În punctul *7*, acțiunea amperespirelor libere e inversată față de aceia din punctul *5* și se adună deasemeni la acțiunea amperespirelor reale, inversate și ele.

În punctul *8*, inducția magnetică e produsă numai de amperespirele libere, care acționează în sens opus față de acelea corespunzătoare punctului *4*, ($\bar{H}_A = 0$).

H în punctele *1* și *5*, poartă denumirea de forță coercitivă.

Din diagrama histerezei, mai rezultă că atâta timp cât H_A crește, diferențiala dB e pozitivă, iar când H_A descrește, diferențiala dB e negativă.

E interesant de remarcat că din cercetarea științifică a acestui fenomen, reiese și în mod teoretic, că numai atunci când μH crește sau descrește cu creșterea sau descreșterea lui H, B poate să obțină o valoare bine determinată atunci când se dă H.

Să ne închipuim acum că în cazul circuitului magnetic din fig. 1 curentul electric a devenit nul.

Inducția magnetică $\bar{B}$ în spațiul ocupat de miezul de fier, va fi produsă numai de turbionii electrici liberi, și corespunde fie punctului *4* sau punctului *8* din fig. 7 *b*.

Avem:

$$\bar{B} = \bar{M}_P \tag{28}$$

în care vectorul de polarizare magnetică M_P corespunde relației (9) și reprezintă un câmp solenoidal.

În circuitul feromagnetic omogen al magnetului permanent, intensitatea câmpului magnetic H e nulă, deoarece nu mai există turbioni electrici reali.

b) *Circuitul magnetic neomogen.* Admitem că s'a scos din circuitul feromagnetic omogen al magnetului permanent din fig. 7 *a*, o mică bucată de fier.

În felul acesta, s'a creeat un circuit magnetic neomogen (fig. 8).

Se constată experimental o micșorare a fluxului magnetic Φ, deci și a inducției magnetice $\bar{B}$, față de aceea din circuitul magnetic omogen.

Din punct de vedere fenomenologic avem:

$$\bar{B}_\delta = \bar{M}_{\delta 1}$$
$$\bar{B}_f = \bar{M}_{fA} \tag{29}$$

Pentru a scoate în evidență faptul că $\bar{B}$ descrește atunci când δ crește sau viceversa, se introduce și de data aceasta ipoteza din (21):

$$\bar{M}_\delta = 0 \qquad \bar{M}_f \neq 0 \tag{21}$$

bineînțeles, cu condiția să se mențină neschimbat caracterul solenoidal al lui $\bar{B}$.

În consecință, suntem constrânși să introducem o intensitate de câmp magnetic cu caracter

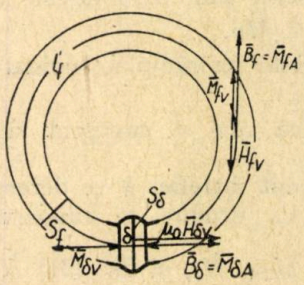


Fig. 8. Magnet permanent cu circuit magnetic neomogen

potențial. O astfel de intensitate de câmp, n'ar fi existat dacă nu se introducea relația (21).

Se obține:

$$\bar{B}_\delta = \bar{M}_{\delta A} = \bar{M}_{\delta A} + \bar{M}_{\delta v} + \mu_0 \bar{H}_{\delta v} = \mu_0 \bar{H}_{\delta v} \tag{30}$$
$$\bar{B}_f = \bar{M}_{fA} = \bar{M}_{fA} + \bar{M}_{fv} + \mu \bar{H}_{fv} = \bar{M}_P + \mu \bar{H}_{fv}$$

în care:

$$\bar{M}_{\delta v} + \mu_0 \bar{H}_{\delta v} = 0$$
$$\bar{M}_{\delta A} + \bar{M}_{\delta v} = 0$$
$$\bar{M}_{fv} + \mu \bar{H}_{fv} = 0$$
$$H_{\delta v}\, \delta = H_{fv}\, l'_f. \tag{31}$$

În relația lui B_f din (30), se introduce μ în loc de μ_0, deoarece, se ia în considerare curba histereze în loc de curba de magnetizare obișnuită, care trece prin punctul zero al sistemului de coordonate.

Dat fiind că în exteriorul magnetului se consideră $\bar{M}_\delta = 0$ înseamnă, că în acest spațiu inducția magnetică $\bar{B}_\delta$ mai poate fi exprimată ca și cum ar fi un vector potențial.

Adică :

$$\bar{B}_\delta = \mu_0 H_{\delta v} . \qquad (30\ a)$$

Prin aceasta nu înseamnă că s'a ştirbit caracterul solenoidal al lui $\bar{B}$ deoarece relaţia :

$$\bar{B}_\delta = \bar{M}_{\delta A}$$

se menţine valabilă.

Din cercetarea ştiinţifică a magnetului permanent, rezultă că exprimarea lui $\bar{B}_\delta$ în forma (30 a), prezintă un avantaj în spaţiul care se magnetizează în momentul când se despart doi magneţi permanenţi în formă de potcoavă aşezaţi cap în cap.

Pentru despărţirea acestora, se foloseşte o forţă, deci, se introduce un lucru mecanic, care în baza principiului conservării energiei, se transformă în energia magnetică înmagazinată în acel spaţiu, devenit magnetizat prin despărţirea magneţilor.

Pentru a putea urmări cazul când $\bar{B}_\delta$ descreşte, atunci când δ creşte, se introduce ipoteza :

$$\bar{M}_P = \bar{M}_{fA} + \bar{M}_{fv} \qquad (32)$$

în care $\bar{M}_P$ se consideră deobiceiu constant.

Când δ devine nul, $\bar{M}_{fv}$ devine nul iar $\bar{M}_{fA}$ devine egal cu $\bar{M}_P$.

$\bar{M}_P$ reprezintă un câmp solenoidal atunci când δ e nul.

Admitem că $\bar{M}_P$ e cunoscut din diagrama histerezei.

La un anumit intrefier δ se determină experimental B_δ. Ca urmare se cunoaşte din (30) :

$$\bar{B}_f,\ \bar{M}_{fA},\ \bar{H}_{\delta v} \text{ şi din (31) } \bar{H}_{fv}.$$

Apoi din (32) se deduce $\bar{M}_{fv}$ şi din :

$$\bar{M}_{fv} + \mu\, \bar{H}_{fv} = 0$$

se determină μ.

In felul acesta, se obţine pe cale experimentală μ.

In literatură, nu se atrage atenţia că μ în cazul magneţilor permanenţi nu mai are nimic comun cu exprimarea acţiunii amperespirelor libere cu ajutorul acţiunei amperespirelor reale, adică folosirea relaţiei (10).

De data aceasta ζ, scoate în evidenţă exprimarea acţiunei sarcinilor magnetice libere ale câmpului potenţial $\bar{M}_{fv}$, în funcţiune de acţiunea sarcinilor magnetice libere ale câmpului potenţial $\bar{H}_{fv}$, cari reprezintă după cum ştim mărimi de calcul fictive.

Din cele desvoltate mai sus, ne dăm seama că relaţia :

$$\bar{B} = \mu\, \bar{H} + \bar{M}_P \qquad (30\ b)$$

folosită în cazul magneţilor permanenţi, conţine pe lângă componentele solenoidale care au un caracter fizic, şi componente potenţiale fictive, numai cu scopul de a se determina prin calcul, starea de magnetizare a spaţiului produsă de magnetul permanent.

Un exemplu clasic pentru a folosi relaţia (30 b), constă în determinarea intensităţii câmpului magnetic $\bar{H}$, într'un punct oarecare din spaţiu, faţă de care însă magnetul permanent care-i luat deobiceiu în formă cilindrică, să poată fi considerat ca punctiform.

Intr'un astfel de caz, funcţiunea potenţială scalară V_H ia forma :

$$V_H = \frac{1}{4\pi}\frac{1}{\mu_0}\int d\sigma \left(\bar{M}_P \nabla \left(\frac{1}{r}\right)\right) =$$

$$= \frac{1}{\mu_0}\left(\bar{K} \nabla \left(\frac{1}{r}\right)\right) \qquad (33)$$

în care :

$$\bar{K} = \frac{1}{4\pi}\int d\sigma\, \bar{M}_P \qquad (34)$$

reprezintă momentul magnetic al magnetului permanent.

Intensitatea câmpului magnetic $\bar{H}$ se determină din :

$$\bar{H} = -\nabla V_H \qquad (35)$$

iar inducţia magnetică $\bar{B}$ ia forma :

$$\bar{B} = \mu_0 \bar{H}.$$

Nu trebue să se piardă din vedere că $\bar{B}$, este şi rămâne un câmp vectorial eminamente solenoidal ; numai datorită metodei de determinare prin calcul a lui $\bar{B}$, zicem că din (30 c) rezultă ca şi cum $\bar{B}$, în exteriorul magnetului, ar reprezenta un câmp potenţial.

De altfel, cercetarea ştiinţifică a fenomenului magnetic, ne arată, că în spaţiul exterior unui turbion, în cazul de faţă exterior turbionilor electrici liberi ai magnetului permanent, vectorul solenoidal $\bar{B}$ poate fi exprimat şi ca un vector potenţial, deoarece în tot spaţiul în care avem :

$$\text{rot } \bar{B} = 0$$

rezultă :

$$\text{rot } \bar{B} = \text{rot } \mu_0 \bar{H} = \text{rot } \mu_0(-\nabla V_H) = 0$$

ceeace ne arată că $\bar{B}$, apare ca un vector potenţial.

Din acest punct de vedere, se poate considera în spaţiul exterior magnetului permanent, inducţia magnetică, ca şi cum ar fi un vector potenţial.

Metoda matematică introdusă mai sus pentru cercetarea stării de magnetizare a spaţiului, adică determinarea lui $\bar{B}$, când se dau magneţii permanenţi, a putut fi aplicată numai datorită faptului că momentul magnetic $\bar{K}$, poate fi determinat experimental prin cunoscuta metodă a lui Gauss.

Teoria clasică a magneţilor permanenţi. Se ia în considerare un magnet permanent în formă cilindrică ca acela din fig. 9.

Un astfel de magnet permanent, e caracterizat prin câmpul vectorial $\bar{M}_P$, care are loc numai în spaţiul ocupat de magnet. Pentru ca un astfel

de câmp vectorial să devină nul în exteriorul magnetului, suprafeţele S_1, S_2, normale la vectorul $\bar{M}_P$, vor trebui să posede sarcini magnetice libere superficiale cu densităţile : $+\sigma'_M$, $-\sigma'_M$, iar suprafaţa cilindrică la care vectorul $\bar{M}_P$ e tangent, va trebui să posede un turbion electric superficial $\bar{g}'$.

In felul acesta, în exteriorul magnetului permanent, $\bar{M}_P$ devine nul.

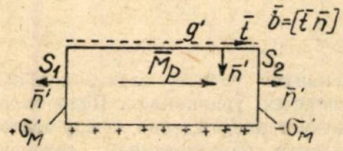


Fig. 9. Magnet permanent în forma cilindrică.

Pentru a stabili legătura între sarcinile magnetice libere, respectiv între turbionul electric superficial şi vectorul $\bar{M}_P$, care după cum se ştie posedă două componente, una potenţială şi alta solenoidală, formăm divergenţa superficială şi rotaţia superficială a vectorului $\bar{M}_P$.

Spre exemplu pentru suprafaţa S_1 se obţine :

$$\bar{M}_P = 4\pi\sigma'_M\mu_0$$

iar pentru suprafaţa laterală rezultă

$$[\bar{n}', \bar{M}_P] = M_P\ (-\bar{b}) = 4\pi\frac{J'}{C}\mu_0(-\bar{b})$$

de unde se deduce :

$$M_P\ S_1 = 4\ \pi\ \mu_0\ Q'_M$$

$$M_P\ l_1 = 4\pi\mu_0\frac{i'}{C}$$

astfel că :

$$\frac{Q'_M}{S_1} = \frac{i'}{C}\ \frac{1}{l_1}$$

sau :

$$Q'_M\ l_1\ \mu_0 = \frac{i'}{C}\ S_1\ \mu_0 = K. \qquad (36)$$

Relaţia (36) ne arată că valoarea numerică a momentului magnetic K se exprimă fie în funcţie de sarcina magnetică liberă Q'_M sau în funcţie de curentul electric liber i'.

Din punct de vedere fenomenologic exprimarea lui K în funcţie de turbioni este cea justă.

De altfel dacă efectuăm integrala de volum :

$$\bar{K} = \frac{1}{4\pi}\int d\sigma\,\bar{M}_P$$

se obţine rezultatul

$$\bar{K} = \frac{1}{4\pi}\int dS\ M_P\int d\bar{l} = \mu_0 Q'_M\,\bar{l}$$

Datorită acestui fapt se obişnueşte să se reprezinte valoarea numerică a momentului magnetic K prin sarcina magnetică înmulţită cu distanţa dintre poli.

In expresia (36) trebue să apară şi permeabilitatea μ_0, ceeace în literatură nu se obişnueşte.

μ_0 e necesar să figureze pentrucă $\bar{M}_P$ se măsoară în gauşi.

Din punct de vedere fenomenologic se evidenţiază exprimarea lui $\bar{B}$ în magnet prin componenta solenoidală a lui $\bar{M}_P$.

Din cele de mai sus se desprinde o remarcă importantă :

Prin introducerea lui K se elimină inconvenientul necunoaşterii turbionului electric liber, la determinarea inducţiei magnetice, în exteriorul magnetului.

S'a menţionat că experimental se determină K atunci când magnetul permanent poate fi considerat punctiform faţă de poziţia punctului în care se determină V_H. Odată cu determinarea lui K se obţine din (34) M_P format dintr'o sumă de doi vectori, unul solenoidal care reprezintă o realitate fizică şi altul potenţial ca o mărime de calcul închipuită.

Nu e pentru prima dată când experimental se poate determina o mărime de calcul.

Mărimea de calcul denumită „puterea reactivă" exprimată în forma UI sin φ este deasemeni determinată experimental.

Puterea reactivă nu are un caracter pur fenomenologic, deoarece nu poate fi exprimată printr'o valoare momentană în timp, aşa cum e exprimată puterea reală momentană.

Experimental, se măsoară un cuplu mijlociu în raport cu durata unei perioade care acţionează asupra bobinei mobile a wattmetrului şi în expresia căruia poate să figureze mărimea UI sin φ.

In mod analog, prin metoda Gauss se măsoară tot un cuplu în expresia căruia apare momentul magnetic. Cuplul fiind cunoscut se determină K.

Orice formă ar avea un magnet permanent, ni-l putem închipui format dintr'o înşirare de magneţi permanenţi punctiformi unul lângă altul, astfel că inducţia magnetică B apare ca o sumă de inducţiuni magnetice corespunzătoare magneţilor punctiformi.

Concluzii. Circuitul feromagnetic scoate în evidenţă configuraţia tubului de forţă al inducţiei magnetice $\bar{B}$, care ia fiinţă, atunci când în acel spaţiu al circuitului, există turbioni electrici reali şi liberi.

Dat fiind că turbionii electrici liberi nu pot fi măsuraţi direct, rezultă că stabilirea unei legături între turbioni şi inducţia magnetică se complică.

Ţinându-se seama de faptul că experimental numai curenţii electrici reali şi inducţia magnetică pot fi măsuraţi, s'a putut găsi o metodă de calcul a circuitului feromagnetic, pentru a evita inconvenientul necunoaşterii turbionilor electrici liberi.

Metoda de calcul introdusă, permite să se folosească rezultatele experimentale obţinute mai uşor pentru un circuit magnetic omogen şi pentru cazul când circuitul magnetic nu mai e omogen.

În acest scop, a fost necesar să se introducă un compromis matematic, cu condiţia să nu se ştirbească caracterul solenoidal al inducţiei magnetice.

Dat fiind că introducerea unui astfel de compromis cere, pentru a fi clarificat, o deosebită pregătire matematică, s'a ajuns la situaţia regretabilă de azi că încă mulţi sunt acei care nu cunosc rostul sarcinilor magnetice libere.

Lucrarea de faţă urmăreşte lămurirea compromisului introdus în cercetarea fenomenului magnetic şi în consecinţă, contribuie efectiv nu numai la îndepărtarea confuziilor existente, ci deschide şi noui posibilităţi de pătrundere a fenomenului magnetic.

★

ФЕРОМАГНИТНЫЕ ЦЕПИ

Р е з ю м е

Феромагнитная цепь составляет один из основных элементов работы электромашин. При установлении такой цепи, уравнение B = мH является основным уравнением. Подробное исследование магнитного процесса показывает нам, что существует расхождение между чисто формальным способом применения этого уравнения и физическим истолкованием, которое следует ему придать.

Как можно более точное знание физического характера и обоснования применения этой формулы является предметом этой статьи.

★

PILA ELECTRICĂ CU CLORURĂ DE ARGINT

N. VASILESCU-KARPEN

Se descrie construcţia şi modul de funcţionare al pilei cu clorură de argint, care este de un deosebit interes industrial şi ştiinţific. Se arată rezultatele obţinute. Se face teoria acestui element explicându-i caracteristicile neobişnuite şi necunoscute, între altele: atacul direct al electronilor asupra cristalului din clorură şi obţinerea ca subprodus a unui argint spongios solid.

In forma cunoscută, pila cu clorură de argint (fig. 1) este formată dintr'o foaie de argint, acoperită pe ambele feţe cu o pătură de clorură de argint, constituind catodul şi un dublu anod de zinc. Electrolitul este o soluţie de clorură de amoniu circa 20%. Forţa electromotoare este de circa 1,04 V.

Această pilă este capabilă să producă — pentru aceeaşi greutate — curenţi de intensitate constantă şi mult mai mari ca pilele uzuale sau acumulatorii. Ea poate funcţiona tot atât de bine la temperaturi joase, până la — 30°, ca şi la temperatura obişnuită.

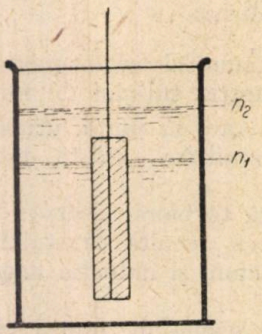


Fig. 1. Schema actuală a pilei.

Prin experienţe preliminare, s'a constatat următoarele:

Pila posedă la temperatura obişnuită, calităţile enunţate, producând un curent mai mare faţă de cel produs de pilele uzuale. Acest curent se menţine timp îndelungat (variabil dela un exemplar la altul), după care curentul şi forţa electromotoare scad. Numărul de amperi - ore, debitat la borne de pilă până la o anumită tensiune, variază deasemenea dela un exemplar la altul.

In fine, curentul şi forţa electromotoare nu ating dela începutul punerii în funcţiune a pilei valorile normale, ci numai după un timp asemenea variabil dela un exemplar la altul şi numai dacă nivelul electrolitului se găseşte în N_2 (fig. 1), adică dacă electrolitul atinge foaia de argint. Pila prezintă ceeace s'a numit o *inerţie iniţială*.

Dacă electrolitul nu atinge foaia de argint, adică nivelul lui se găseşte în n_1, în acest caz nu se stabileşte nicio forţă electromotoare, nu se produce niciun curent, oricât de mult ar fi menţinută pila în scurtcircuit; aceasta din cauză că clorura de argint este izolantă, impermeabilă şi aproape insolubilă.

Dacă electrolitul atinge foaia de argint şi pila este pusă în scurtcircuit, ea se *amorsează*, adică ia naştere un mic curent, care creşte treptat. Se observă în acelaşi timp, că suprafaţa clorurei din vecinătatea foaiei de argint se argintează, adică se acoperă cu o pătură subţire de argint, care înaintează spre extremitatea de jos a clorurei, pe măsură ce curentul şi forţa electromotoare cresc. Iar atunci când pătura de argint acoperă toată suprafaţa clorurei, curentul atinge un maximum, care se menţine.

Grosimea păturii de argint creşte proporţional cu cantitatea de electricitate debitată. La finele descărcării pilei, pătura de argint ocupă tot volumul iniţial, ocupat de clorură.

Clorura de argint se transformă treptat în argint de acelaşi volum, argint care este neapărat *spongios* din momentul ce volumul aparent rămâne acelaşi, iar clorul a dispărut.

CERCETĂRI SISTEMATICE ŞI PERFECŢIONĂRI ADUSE PILEI CU CLORURĂ DE ARGINT

Studiul sistematic al pilei electrice cu clorură de argint a condus la unele perfecţionări ale acestui element, care pe lângă interesul industrial, prezintă şi un deosebit interes ştiinţific. Prin aceste perfecţionări se simplifică confecţionarea electrodului de clorură.

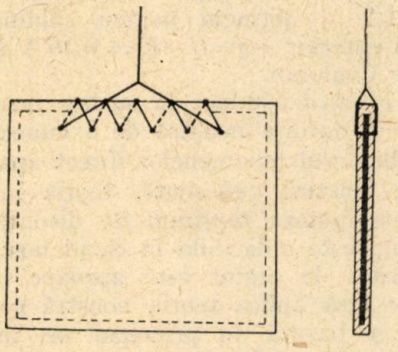


Fig. 2. Mod de suspensiune a electrodului de clorură de argint.

In acelaşi timp, se pot adopta mari densităţi de curent (amperi pe cm² de electrod), fără polarizarea pilei, pentru motivul ce se va vedea mai departe; de asemenea, intervine o scădere considerabilă a rezistenţei interioare a pilei pentru aceeaşi greutate şi prin micşorarea grosimii electrolitului care se proporţionează cu grosimea clorurii:

$$R_i = \frac{\varphi d}{2 n^2 s}$$

în care:

φ — rezistivitatea electrolitului;
s — suprafaţa electrodului;
d — grosimea electrolitului în cazul electrodului format dintr'o singură lamă.

Densitatea de curent şi polarizarea pilei. La fiecare grosime a păturii de argint, adică la fiecare număr de amperi-ore produs pe cm² de electrod, corespunde o densitate de curent η, care nu polarizează simţitor pila. Dela această densitate înainte, pila se polarizează, adică forţa electromotoare a pilei scade cu atât mai mult, cu cât densitatea depăşeşte valoarea η.

Pentru o grosime de circa 1 mm a păturii, această densitate maximă η este de 0,03 A/cm². Cu această densitate, forţa electromotoare a pilei scade totuşi la circa 0,96 V.

Cantitatea de electricitate debitată. Cantitatea de electricitate debitată de pilă până la *transformarea totală* a clorurii în argint spongios $Q = \Sigma it$, este o constantă, corespunzând la cifra teoretică de 0,187 A h/g de clorură, oricare ar fi modul de descărcare (un amper-oră depune 1,322 g clor şi 4,025 g argint sau descompune 5,347 g clorură; deci 1 g clorură produce $1/5{,}347 = 0{,}187$ h/g).

Energie debitată. Energia *totală* produsă de pilă $W = QE$, este deasemenea o constantă dacă forţa electromotoare menţinută constantă, s. en. 0,96 V.

MODUL DE FUNCŢIONARE ŞI TEORIA PILEI CU CLORURĂ DE ARGINT

Din datele experimentale mai sus arătate rezultă modul de funcţionare şi deci teoria pilei.

Nu ne vom ocupa de modul cum amorsează pila, ci de felul cum se comportă ea după câtva timp de funcţionare, când toată suprafaţa clorurii de argint este acoperită de o pătură de argint spongios.

Reamintim că, cristalele clorurii de argint, sunt formate din ioni de argint, Ag^+ şi ioni de clor Cl^-, dispuşi ca şi cunoscutul cristal de clorură de sodiu (fig. 3).

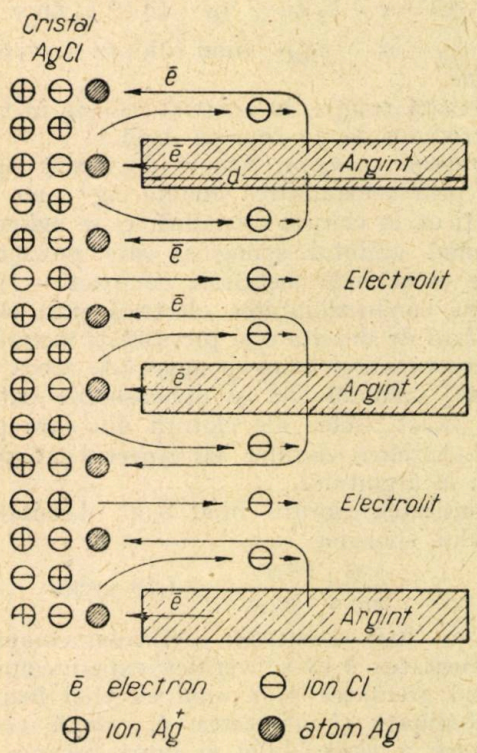


Fig. 3. Secţie schematică a electrodului de clorură cuprinzând regiunea de atingere, între cristalul de clorură de argint şi argintul spongios.

Indată ce se stabileşte legătura între electrozi, electronii sunt eliberaţi la anodă ca orice pilă uzuală, potrivit reacţiei

$$\frac{1}{2}\,Zn = \frac{1}{2}\,Zn^{++} + \bar{e} - q_z \qquad (1)$$

q_z fiind căldura de ionizare a zincului; electronii pornesc prin firul de legătură, ajung la pătura de argint spongios pe care o străbat prin partea ei metalică şi prin electrolitul din porii acelei pături, îndreptându-se spre clorura de argint, unde neutralizează ionul Ag^+, transformându-l

în atom metalic Ag şi liberând ionul $\bar{Cl}$ care porneşte tot prin porii de argint ocupaţi de electrolit şi se îndreaptă spre anodă.

Fenomenul se petrece în virtutea reacţiei rezumative,

$$AgCl + \bar{e} = Ag + \bar{Cl} + k. \qquad (2)$$

Putem afla căldura k din următoarea reacţie care desvoltă călduri cunoscute.

$$AgCl = Ag + \bar{Cl} - q_{AgCl} \qquad (3)$$

q_{AgCl} fiind căldura de formaţie a clorurii din componenţii ei, Ag şi Cl ($q_{AgCl} = 29{\cdot}0$ calorii pe echivalent g)

$$Cl + \bar{e} = \bar{Cl} + q_{Cl} \qquad (4)$$

q_{Cl} fiind căldura de ionizare a clorului.

Adunând (3) cu (4), obţinem :

$$AgCl + \bar{e} = Ag + \bar{Cl} + q_{Cl} - q_{AgCl} \text{ ; deci } k = q_{Cl} - q_{AgCl}. \qquad (5)$$

In fine, adunând (1) cu (5) obţinem reacţia de bază în virtutea căreia funcţionează pila

$$AgCl + \bar{e} + \tfrac{1}{2}Zn = Ag + \bar{Cl} + \tfrac{1}{2}Zn + Q \qquad (6)$$

$Q = q_{Cl} - q_z - q_{AgCl}$, fiind căldura desvoltată de reacţie.

Această reacţie, în rezumat, constă în trecerea electrodului de pe zinc pe AgCl.

Argintul spongios. Atomii de argint Ag, produşi prin neutralizarea ionului Ag^+, nu rămân răsleţi ca în clorura cristalină, ci se aglomerează formând argintul spongios, care prezintă mai toate caracterele metalului compact — în particular conductibilitatea electrică prin electroni — afară de densitate şi proprietăţi mecanice.

Structura argintului spongios este aceea a unui burete, volumul său şi dimensiunile exterioare sunt exact acelea ale clorurii din care provine prin pierderea clorului, iar aspectul exterior este acela al argintului.

Densitatea clorurii fiind 5,56, densitatea argintului spongios este :

$$\frac{5{,}56 \cdot 107{,}9}{107{,}9 + 35{,}45} = 4{,}18 \text{ g/cm}^2$$

faţă de 10,5 densitatea argintului compact.

Densitatea 4,18 se verifică experimental, măsurând greutatea p_1 a unui electrod înainte de întrebuinţare şi greutatea p_{e2} după completa epuizare a electrodului şi după uscarea lui la 300°, pentru a face să dispară clorura de amoniu din pori.

Se constată că raportul p_1/p_2 este foarte aproape de 5,56/4,18.

Această stare a argintului — stare spongioasă solidă — credem că nu este cunoscută.

Producerea forţei electromotoare a pilei şi evaluarea ei. Termodinamica stabileşte pentru forţa electromotoare a pilelor reversibile, expresiunea :

$$E = Q + T\frac{dE}{dT} = Q + q,$$

unde Q este căldura produsă de reacţia chimică din pilă dacă s'ar produce direct, iar $T\frac{dE}{dT} = q$ variaţia forţei f.e.m. cu temperatura şi căldura absorbită de pilă din mediul înconjurător.

Pila cu clorură de argint nu este perfect reversibilă dar putem încerca să aplicăm formula termodinamică, neglijând căldura necunoscută q, care de cele mai multe ori este relativ mică.

In cazul nostru am văzut că :

$$Q = q_{Cl} - q_2 - q_{AgCl},$$

unde diferitele călduri sunt cunoscute

q_{Cl}	, căldura de ionizare a clorului	= 39,2	calorii echiv. g
q_{Zn}	, „ „ „ „ zincului	= 17,5	„ „ g
q_{AgCl}	, „ „ formare a clorurii	= 29,0	„ „ g
Q	căldura totală	= 27,7	

corespunzând la $27{,}7 \cdot 4170/96500 = 1{,}2$ Lenz-Joule pe echivalent electrochimic sau pe Coulomb*).

Cunoscând datele experimentale, $E = 1{,}04$ V şi $Q = 1{,}2$ V obţinem pentru căldura cedată mediului exterior $-q = Q - E = 0{,}16$ V sau Lenz-Joule pe Coulomb.

Calea cinetică conduce la acelaşi rezultat, dar satisface şi dorinţa noastră de a cunoaşte ce se petrece în dosul fenomenelor direct aparente.

Teoria cinetică cunoscută, teoria lui *Nerust*, bazată pe ipoteza tensiunii de disoluţie a metalelor, nu este aplicabilă în cazul nostru, deoarece clorura de argint este aproape insolubilă. Se poate însă aplica teoria noastră comunicată în 1939 şi bazată în principal pe intervenţia electronilor din electrolit, în determinarea forţei f.e.m. a pilei.

Electronii din electrolit provin la ambii electrozi din disocierea ionilor $\bar{Cl}$ şi $\bar{OH}$

$$\bar{Cl} \rightleftarrows \bar{Cl} + \bar{e}; \qquad \bar{OH} \rightleftarrows \bar{OH} + \bar{e},$$

iar în vecinătatea zincului şi din disocierea atomilor ce se detaşează din metal, $Zn \rightleftarrows Zn^{++} + 2\bar{e}$.

Diferenţa de potenţial între metal şi electrolit, în special, în cazul când electrolitul nu conţine ioni ai metalului, sau în cantităţi foarte mici, cum este cazul de faţă — din cauza insolubilităţii clorurii — este :

$$V = RT \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$$

ε fiind concentraţia electronilor în metal, presupusă aproape aceeaşi în toate metalele, iar ε', concentraţia electronilor în electrolit.

In cazul nostru, potenţialele catodului de argint şi al anodului de zinc, sunt :

$$V_a = RT \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon'_a}; \qquad V_z = RT \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon'_z},$$

ε_a', ε_z', concentraţiile în electrolit la catod şi la anod ; iar forţa f.e.m. a pilei este :

$$E = V_a - V_z = RT \ln \frac{\varepsilon'_z}{\varepsilon'_a}$$

unde : V_a, reprezintă şi căldura absorbită la catod din mediul exterior, prin destinderea elec-

*) Valorile absolute ale lui q_{Cl} şi q_z nu se mai cunosc, ci numai diferenţa lor, $q_{Cl} - q_z = 56{,}7$, singura care intervine în calcul.

tronilor dela concentraţia ε la ε'_a; V_z, reprezintă şi căldura desvoltată la anod prin comprimarea electronilor dela ε'_z la ε; iar E, reprezintă şi căldura absorbită de pildă din mediul exterior, ca şi cum electronii s'ar destinde dela ε'_z la ε'_a, în timpul trecerii unui Coulomb. Toată energia pilei provine din această destindere, pila tinzând să se răcească cu E Lenz-Joule pe secundă; dar reacţia chimică o încălzeşte cu Q Lenz-Joule/s, astfel că la temperatură constantă, pila absoarbe $q = E - Q$ Lenz-Joule/s, deci $E = Q + q$, relaţie care exprimă principiul conservării energiei.

Fenomenele la electrozi. Concentraţiile electronilor în electrolit la fiecare electrod sunt determinate de afinitatea electronilor pentru elementele în prezenţa cărora se găsesc.

a) *La anod.* Lipsa sau slaba afinitate a electronilor pentru ionii NH_4^+ şi Zn^{++} face ca — (după cum o dovedeşte experienţa), concentraţia ε'_z şi ca atare potenţialul anodei să fie, în oarecare măsură, independent de concentraţia acelor ioni.

Experienţa arată că zincul consumat întrece cu 10—15% cantitatea corespunzătoare numărului de amperare produs de pilă.

Constatăm în acelaşi timp o degajare de gaze şi un depozit de culoare negru-cenuşiu, în foarte mică cantitate faţă de zincul consumat. Reacţia probabilă ar fi:

$$Zn + 2\ NH_2Cl = Zn\ (NH_3)_2Cl_2 + H_2.$$

Amalgamarea zincului este necesară pentru a reduce atacul zincului de către electrolit.

b) *La catod.* Fenomenele ce se petrec la catodă sunt cu totul deosebite de cele ce au loc la catodele tuturor pilelor cunoscute şi constitue caracteristica pilei cu clorură de argint, precum şi interesul ştiinţific al acestei pile.

Catodul este, după cum am văzut, un bloc de clorură de argint cristalină şi insolubilă, *complet închis* într'o pătură de argint spongios, prin porii căruia electrolitul vine în contact cu clorura.

Concentraţia ε'_a a electronilor în electrolitul dela catod, adică în porii argintului — reprezentaţi pe fig. 3 prin canale de lungime d — este determinată în circuit deschis, de echilibrul care se stabileşte între electronii din electrolitul din pori şi *cristalul solid şi insolubil de clorură de argint*

$$AgCl + \bar{e} \rightleftarrows Ag + \bar{Cl} \qquad (7)$$

de concentraţia ε'_a, depinde potenţialul catodei, deci forţa electromotoare a pilei.

Efectul grosimii păturii de argint asupra polarizării pilei. In porii argintului nu există d.d.p., argintul având peste tot acelaşi potenţial. In aceşti pori (canale), ionii $\bar{Cl}$ circulă prin difuziune, în virtutea diferenţei de presiune osmotică (concentraţie), ce se produce prin îngrămădirea ionilor $\bar{Cl}$ în vecinătatea clorurii, îngrămădire ce creşte cu densitatea curentului şi cu grosimea stratului de argint.

De altă parte, electronii care ies din pereţii porilor, circulă o parte din drumul lor tot prin difuziune şi tot prin aceiaşi pori ca ionii $\bar{Cl}$ (dar în sens contrar), producându-se din această cauză o îngrămădire a electronilor în electrolitul din pori. Această îngrămădire mai creşte din cauza îngrămădirilor ionilor $\bar{Cl}$ în vecinătatea clorurii, potrivit echilibrului (7).

In fine o altă cauză a sporirii concentraţiei ε'_a, a electronilor — deci a scăderii forţei electromotrice sau polarizării ei — este viteza reacţiei (7) în sensul $\rightarrow$, cu care înaintează atacul clorurii, adică transformarea ei în argint spongios. Această viteză creşte aproape proporţional cu densitatea curentului (număr de electroni care sosesc pe secundă şi cm²), până la o anumită valoare a densităţii; apoi, viteza reacţiei (7), deci a absorbţiei electronilor, creşte mai încet ca numărul electronilor care sosesc, şi în consecinţă aceştia se îngrămădesc.

Ingrămădirea electronilor şi a ionilor $\bar{Cl}$ în pori, produce o sporire a concentraţiei ε'_a şi deci o scădere a forţei electromotoare cu atât mai accentuată, cu cât densitatea curentului şi grosimea argintului sunt mai mari.

Rezultă de aci că, pentru ca forţa electromotrice să nu scadă sub o anumită valoare, spre exemplu 0,96 V, trebue ca la fiecare grosime a stratului de argint spongios, să corespundă o anumită valoare maximă *permanentă* a densităţii curentului cu atât mai mică, cu cât grosimea stratului este mai mare. Spre exemplu, la grosimea de 1 mm a lamei de clorură, deci de 0,5 mm a stratului, corespunde o densitate de curent de cel mult 0,03 A/cm². Dacă însă curentul este intermitent, se pot obţine densităţi mult mai mari.

Efectul temperaturii. Se ştie că viteza reacţiilor chimice scade repede cu temperatura. Se înţelege pentru ce — cum experienţa o dovedeşte — la temperaturi joase, densitatea de curent admisibilă, fără polarizare, scade repede, căci scade repede viteza reacţiei (7); electronii se îngrămădesc la catodă iar forţa electromotrice scade. Trebue, bineînţeles, ţinut seama de creşterea rezistenţei interioare a pilei, atunci când scade temperatura.

In concluzie, prin cele arătate în prezenta lucrare, se explică toate particularităţile observate experimental asupra pilei cu clorură de argint.

★

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ХЛОРИСТОГО СЕРЕБРА

Резюме

Описывается конструкция и способ функционирования электрического элемента хлористого серебра, имеющий большое промышленное и научное значение.

Приводятся полученные результаты. Дается теория этого элемента и объясняются его необычные и неизвестные характеристики, между которыми непосредственная атака электронами хлористого кристала и получение как субпродукта, твердого пористого серебра.

FRÂNAREA REOSTATICĂ ŞI CU RECUPERARE LA LOCOMOTIVELE ELECTRICE

Ing. I. Corodeanu

In acest articol se arată în prealabil avantajele caracteristice pe care le oferă la locomotivele electrice frânarea electrică sub cele două forme: reostatică şi cu recuperare. Se studiază apoi atât pentru locomotivele cu motoare de curent continuu cât şi pentru locomotivele cu motoare monofazate, condiţiile în care se poate realiza frânarea reostatică şi cu recuperare.

In tracţiunea cu abur, locomotivele sunt deobicei echipate cu frână de aer comprimat şi cu frână de mână. In tracţiunea electrică, locomotivele pot fi echipate şi cu o frână electrică, care oferă o serie de avantajii. Deoarece în RPR s'a păşit la realizarea unui plan de electrificare C.F.R. în cadrul planului general de electrificare al ţării — credem că nu este lipsit de interes de a da o serie de indicaţii în legătură cu acest mod de frânare, care va putea fi prevăzut la viitoarele locomotive electrice de pe reţeaua noastră feroviară.

Frâna electrică se bazează pe posibilitatea motoarelor de tracţiune de a funcţiona în anumite condiţiuni, ca generatoare de curent. In pante, energia mecanică realizată prin coborîrea trenului poate fi utilizată de maşinile electrice ale locomotivei funcţionând în regim de generator, şi transformată în energie electrică. Cuplul rezistent electromagnetic ce ia naştere în generatoare serveşte la frânare şi prin aceasta la un reglaj al vitezei în timpul coborîrii pantei. Deasemenea, în scopul reducerii vitezei înainte de opriri, de exemplu, energia cinetică a trenului poate fi absorbită de aceste generatoare şi transformată în energie electrică. Producerea energiei electrice prin frânare, presupune însă neapărat şi un consumator al acestei energii. In această privinţă există două posibilităţi:

1. Consumarea energiei electrice într'o serie de rezistenţe prevăzute pe locomotiva electrică. In acest caz, avem frânarea *reostatică*.

2. Livrarea energiei electrice *liniei de contact* care serveşte în mod normal la alimentarea locomotivei. In acest caz, avem frânarea *cu recuperare* sau *recuperativă*. Dacă o locomotivă electrică funcţionează cu frânare recuperativă, este necesar ca în acelaşi interval de timp să existe alte locomotive electrice, care să poată absorbi energia respectivă. In caz contrar, energia disponibilă ajunge la substaţiile de tracţiune, care alimentează linia de contact. La substaţii există deasemenea două posibilităţi şi anume: energia disponibilă să fie sau consumată într'o serie de rezistenţe, sau să fie restituită — cu ajutorul unor echipamente speciale — liniei de transport care alimentează substaţiile.

Frânarea electrică, în afară de faptul că constitue un dispozitiv de securitate suplimentar, mai oferă şi alte avantaje specifice. Intr'adevăr, acest fel de frânare evită uzura saboţilor de frână şi a bandajelor roţilor, înlătură producerea prafului de frânare — atât de dăunător echipamentului electric — şi este independent de starea atmosferică; în afară de aceasta, în cazul recuperării, se permite şi realizarea unei anumite economii în consumul de energie electrică pentru tracţiune.

Cele mai des întâlnite locomotive electrice, sunt acelea de curent continuu şi acelea de curent monofazat cu frecvenţă redusă (16 2/3 Hz în Europa).

Ambele tipuri de locomotive menţionate pot fi prevăzute cu echipamente de frânare electrică. In Uniunea Sovietică, care a adoptat pentru liniile sale electrificate sistemul de tracţiune în curent continuu 1 500 şi 3 000 V, aproape toate tipurile de locomotive sunt prevăzute cu frână electrică şi anume: locomotivele tip Ss, VL 19—3000 V (1932), SK, SK^{u}, VL 22 şi VL22m au frână cu recuperare iar locomotivele tip VL 19—3000 V (1934—38), VL 19—1500 V şi VL 19—1500/3000 V, au frână reostatică.

In cele ce urmează ne vom ocupa mai întâi de frânarea electrică la locomotivele de curent continuu (echipate cu motoare serie de curent continuu) şi apoi la locomotivele monofazate 16 2/3 Hz (cu motoare monofazate serie cu colector).

FRANAREA ELECTRICĂ LA LOCOMOTIVELE DE CURENT CONTINUU

a) *Frânarea reostatică.* Deşi frânarea reostatică oferă independenţă faţă de linia de contact, în comparaţie cu frânarea recuperativă, totuşi necesită o serie de rezistenţe, care au dezavantajul de a avea o greutate mare şi de a ocupa mult loc.

Frânarea reostatică se poate întrebuinţa atât pentru reglarea vitezei în pante cât şi pentru reducerea vitezei până la aproximativ 5 km/h. Nu se poate însă utiliza până la oprirea completă, deoarece forţa electromotoare a maşinii devine prea mică.

Frânarea reostatică se aplică numai pentru a frâna greutatea locomotivei, deoarece dacă s'ar frâna reostatic întregul tren, ar trebui să se prevadă pe locomotivă rezistenţe mult prea voluminoase şi prea grele.

In fig. 1 se arată cum se comportă maşina serie în cazul frânării reostatice. Pe această figură se vede cum variază forţa electromotoare E în funcţie de curentul debitat I pentru două viteze oarecare n_1 şi n_2 rot/min.

Maşina fiind serie, I este atât curentul de excitaţie cât şi curentul principal de frânare; dacă se uneşte un punct oarecare A_1 de pe curba n_1 cu

originea, se obţine o dreaptă OA_1, a cărei înclinare faţă de axa abciselor este dată de :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_1}{I_1}$$

Dar, în conformitate cu legea lui Ohm, E_1/I_1 reprezintă tocmai rezistenţa electrică a circuitului în care acţionează forţa electromotoare E_1, adică rezistenţa maşinii şi aceea a rezistenţelor de frânare intercalate în circuit. Pentru fiecare valoare a rezistenţelor de frânare intercalate, corespunde o anumită înclinare a dreptei OA_1. Unghiul se măreşte pe măsură ce valoarea rezistenţelor creşte. Valoarea maximă a unghiului şi deci valoarea maximă a rezistenţelor corespunde situaţiei când dreapta se confundă cu porţiunea rectilinie dela începutul curbei n_1 (situaţia dreptei OB). In acest caz, dreapta fiind înclinată cu unghiul β nu mai există un punct de intersecţie bine determinat, iar frânarea devine *labilă* şi nu mai poate funcţiona. De aici se vede că, dacă locomotiva se deplasează cu viteza corespunzătoare curbei n_1 şi dacă mărim mereu valoarea rezistenţei de frânare, există o limită maximă a acestei rezistenţe, dela care frânarea nu mai funcţionează. Pentru a face ca frânarea să funcţioneze din nou, trebue să se mărească viteza la valoarea n_2, de exemplu : în acest caz avem iarăşi un punct de intersecţie bine definit — punctul B — între dreapta înclinată şi curba care ne dă forţa electromotoare în funcţie de I.

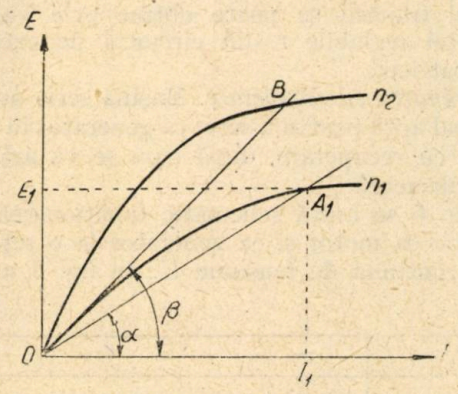


Fig. 1. Stabilitatea frânării reostatice.

Invers, să presupunem că locomotiva se deplasează cu viteză corespunzătoare curbei n_2 şi este frânată reostatic cu o rezistenţă corespunzătoare dreptei OB. Dacă viteza începe să scadă, în momentul când a atins viteza corespunzătoare curbei n_1, frânarea nu mai funcţionează ; pentru a o face din nou să funcţioneze, este neapărat necesar să micşorăm rezistenţa de frânare la o valoare corespunzătoare dreptei OA_1 de exemplu.

Din cele de mai sus rezultă că, în raport cu viteza, rezistenţa de frânare trebue reglată într'un anumit fel pentru ca frânarea reostatică să funcţioneze efectiv.

In cazul frânării reostatice, maşinile pot funcţiona, fie cu excitaţie proprie în serie, fie cu excitaţie separată. In cazul excitaţiei proprii, trebue ca în maşina funcţionând ca generator, senzul curentului în înfăşurarea de excitaţie să fie acelaşi ca şi în cazul când maşina funcţiona ca motor. In caz contrar, dispare magnetismul remanent şi maşina nu mai poate prinde ca generator.

Generatorul serie are o funcţionare stabilă atunci când se frânează reostatic. Dacă la un moment dat, viteza are tendinţa de a creşte, forţa electromotoare tinde deasemenea să crească ; în consecinţă, va tinde să crească curentul debitat, deci şi cuplul electromagnetic de frânare, care va limita creşterea de viteză. Dacă viteza are tendinţa să scadă, fenomentul se va petrece în sens invers şi deci se va limita tendinţa de scădere a vitezei.

In cazul când două maşini funcţionează în paralel şi se frânează reostatic, se poate întâmpla ca din cauza inegalităţii rezistenţelor şi în special din cauza inegalităţii rezistenţelor de trecere la perii să se producă curenţi de *egalizare* între maşini. Aceşti curenţi nu contribue la frânare. Pentru a se evita această situaţie, se întrebuinţează schema din fig. 2, cu montarea *încrucişată* a excitaţiilor. Pe figură s'a notat cu M_1 şi M_2 cele două maşini care funcţionează ca generatoare în timpul frânării reostatice. Fiecare maşină debitează pe câte o rezistenţă fixă r iar amândouă debitează în paralel pe rezistenţa variabilă R, care serveşte la reglajul frânării. S'a notat cu e_1 şi e_2 cele două înfăşurări de excitaţie montate încrucişat, după cum se vede pe figură.

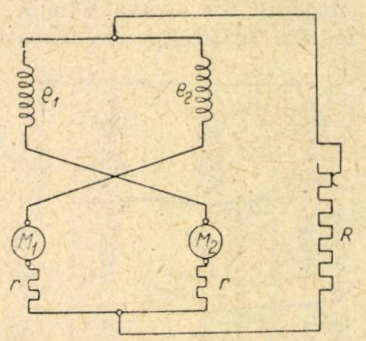


Fig. 2. Excitaţie încrucişată.

Dacă pentru un generator de curent continuu oarecare, notăm cu E forţa electromotoare, cu I curentul debitat, cu U tensiunea la borne, cu r rezistenţa interioară şi cu R rezistenţa circuitului exterior, avem :

$$I = \frac{E}{R + r}$$

şi :

$$U = E - rI = E - r\frac{E}{R+r} = E\left(1 - \frac{r}{R+r}\right) =$$

$$= E\frac{R}{R+r}.$$

Din relaţiile de mai sus, se vede că, dacă rezistenţa interioară r scade, tensiunea la borne U şi curentul I cresc, iar dacă r creşte, tensiunea şi curentul scad.

In consecinţă, dacă pentru vreun motor oarecare, rezistenţa interioară a maşinii M_1 de exem-

plu (fig. 2) se micşorează, tensiunea la bornele sale precum şi curentul debitat vor creşte. Din cauza creşterii curentului debitat de M_1, va creşte şi curentul în excitaţie e_2 al maşinii M_2, ceeace măreşte forţa electromotoare a maşinii M_2 şi deci tensiunea la bornele acestei maşini până ce devine din nou egală cu tensiunea la bornele maşinii M_1, evitându-se astfel producerea unor curenţi de egalizare între cele două maşini.

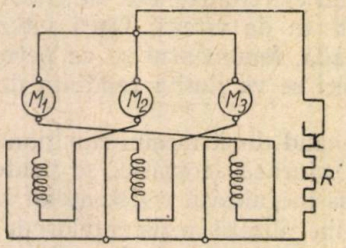


Fig. 3. Schemă ciclică.

In cazul când avem mai mult de două maşini, se întrebuinţează schema *ciclică* din fig. 3 (pentru 3 maşini) sau schema ciclică dublă din fig. 4 (pentru 6 maşini). In aceste scheme, rezistenţa variabilă R este rezistenţa de frânare.

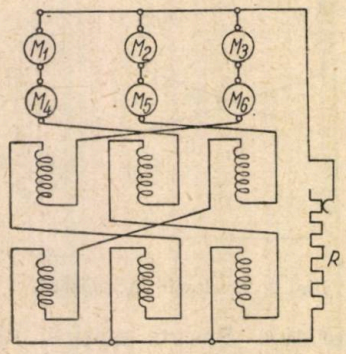


Fig. 4. Schemă ciclică dublă.

In fig. 5 se arată schema electrică de principiu în cazul frânării reostatice cu excitaţie separată la o locomotivă electrică prevăzută cu patru motoare de tracţiune. După cum se vede pe figură, maşinile principale sunt montate câte două în serie, cele două grupe debitând fiecare pe câte o rezistenţă de frânare R. Maşinile au circuitele de excitaţie E conectate toate în serie şi alimentate de o excitatrice independentă g pusă în mişcare de electromotorul m, care la rândul său este alimentat de tensiunea liniei de contact.

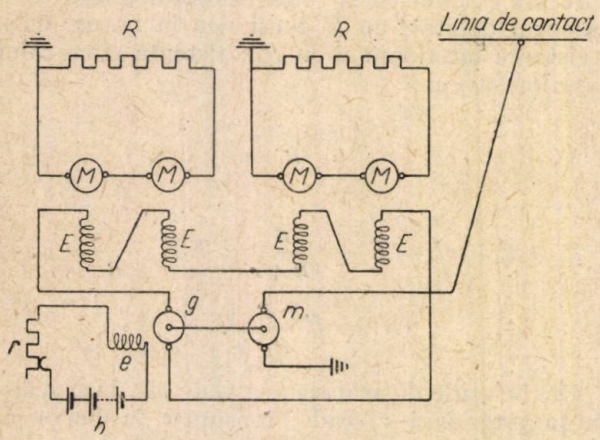


Fig. 5. Frânarea reostatică cu excitaţie separată.

Excitatricea g are circuitul său de excitaţie e alimentat de către bateria de acumulatoare b. Reglajul frânării se poate obţine prin variaţia rezistenţei reglabile r din circuitul de excitaţie al excitatricei.

b) *Frânarea cu recuperare.* Maşina serie nu este în general aptă pentru a servi ca generator în cazul frânării cu recuperare, după cum se va arăta în cele ce urmează.

In fig. 6 se arată schematic funcţionarea maşinii serie ca motor şi ca generator la o reţea de curent continuu de tensiune U. In fig. 6, *a*, maşina funcţionează ca motor. Să presupunem că pentru senzul de rotaţie indicat de săgeată, curentul I din inductor precum şi forţa contra-electromotoare E au sensurile indicate pe figură; precizăm că aceste senzuri trebue să fie contrarii, deoarece maşina funcţionează ca motor. Dacă r este rezistenţa maşinii, avem:

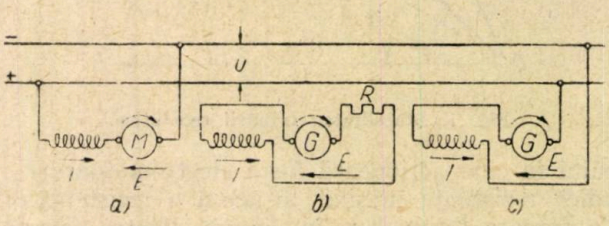


Fig. 6. Funcţionarea maşinii serie de curent continuu ca motor şi ca generator.

$$U = E + rI$$

adică:

$$U > E. \qquad (1)$$

In cazul când, la un moment dat vrem să trecem la regimul de generator, *păstrând însă sensul de rotaţie*, va trebui să schimbăm legătura inductorului după cum se arată în fig. 6, *b*. In acest caz, dacă maşina în loc de a mai fi legată la reţeaua de tensiune U, ar fi legată la rezistenţa R, ea ar funcţiona ca generator cu forţa electromotoare E, debitând curentul I ca în fig. 6, *b*, unde se indică şi senzul de rotaţie. In realitate însă, maşina trebue să fie egală la reţea. Tensiunea U a reţelei este *mai mare* decât forţa electromotoare E după cum rezultă din relaţia (1).

Ne-am putea gândi că ar fi posibil eventual să obţinem $E > U$, dacă am deconecta maşina (care a funcţionat ca motor) dela reţea, pentru a-i mări viteza, presupunând că locomotiva coboară o pantă, sau pentru a-i micşora rezistenţa circuitului inductor, în vederea măririi excitaţiei. Este evident că în momentul reconectării la reţea ca generator, relaţia $U > E$ va persista totuşi, deoarece maşina fiind serie, excitaţia sa nu a avut curent şi deci nu s'a putut desvolta o forţă electromotoare mai mare ca U.

In consecinţă, în momentul funcţionării ca generator la reţea, prin inductor va trece un curent I, având senzul indicat pe fig. 6, *c*, care va da naştere la o forţă electromotoare E cu senzul deasemenea indicat pe fig. 6, *c*. Observăm în fig. 6, *c*, că forţa electromotoare E a maşinii, se găseşte în *serie* cu tensiunea U a reţelei, şi deci cu forţa electromotoare a sursei care furnizează normal energie electrică reţelei. In cazul liniei de contact, această sursă este substaţia de tracţiune.

Să considerăm schema din fig. 7. Două forţe electromotoare E_1 şi E_2 se găsesc în serie pe un cir-

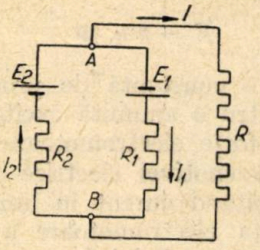


Fig. 7. Funcţionarea a două forţe electromotoare în serie

cuit, la care se găseşte legat şi circuitul cu rezistenţa R, care presupunem că reprezintă mai mulţi receptori de curent.

Aplicând legile lui Kirchkoff la circuitele AR_1BR_2A şi $ARBR_1A$ precum şi la nodul A, obţinem următoarele relaţii :

$$E_1 + E_2 = R_1 I_1 + R_2 I_2$$
$$E_1 = R_1 I_1 - RI$$
$$I_2 - I_1 = I$$

Dacă se consideră drept necunoscute curenţii I_1, I_2 şi I şi se rezolvă acest sistem de trei ecuaţii cu trei necunoscute, se obţine

$$I_1 = \frac{R\,(E_1 + E_2) + R_2 E_1}{R\,(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

$$I_2 = \frac{R\,(E_1 + E_2) + R_1 E_2}{R\,(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

$$I = \frac{R_1 E_2 - R_2 E_1}{R\,(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

In cazul când ar fi existat numai forţa electromotoare E_2 cu rezistenţa R_2 şi n'am mai fi avut ramura AE_1B, curentul ar fi fost :

$$I' = \frac{E_2}{R_2 + R}$$

Observăm că :

$$I' - I = \frac{RR_2E_2 + R_2(R + R_2)E_1}{(R_2 + R)\,[R\,(R_1 + R_2) + R_1R_2]} > 0.$$

In consecinţă :

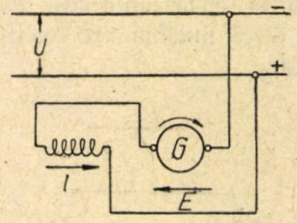
$$I' > I.$$

Să ne închipuim acum că E_2 este forţa electromotoare a substaţiei, iar E_1 forţa electromotoare a maşinii de pe locomotivă funcţionând ca generator. Se vede că dacă maşina de pe locomotivă este deconectată dela linia de contact, substaţia furnizează liniei de contact un curent I', care este *mai mare* decât curentul I, care corespunde cazului când maşina de pe locomotivă, funcţionând ca generator, ar fi fost legată la linia de contact. In consecinţă, nu numai că nu se obţine recuperare de curent, dar chiar o reducere a curentului din linia de contact.

Pentru a putea face ca efectiv un motor serie al locomotivei să funcţioneze ca generator în recuperare, ar fi deci necesar ca în prealabil maşina să debiteze separat pe o rezistenţă până când se desvoltă o forţă electromotoare E, *mai mare* ca tensiunea liniei de contact, şi după aceasta, să facem conectarea astfel ca forţa electromotoare să se găsească în *opoziţie* cu tensiunea liniei de contact — după cum se arată schematic în fig. 8 — numai în acest caz s'ar îndeplini *condiţia necesară* ca maşina să poată debita curent pe linia de contact şi să funcţioneze cu frânare în recuperare.

Condiţia aceasta nu este însă şi *suficientă*, deoarece în realitate, nici în acest caz frânarea nu este stabilă dacă maşina este serie.

Intr'adevăr, să presupunem că la un moment dat, viteza creşte. Forţa electromotoare E, care este proporţională cu viteza, va creşte şi ea. No-



Fi . 8. Generator serie montat în opoziţie faţă de linia de contact.

tând din nou cu U tensiunea liniei de contact, cu r rezistenţa maşinei şi cu I curentul, avem :

$$E = U + rI.$$

Deoarece tensiunea U poate fi considerată constantă iar rezistenţa r este mică, la o anumită creştere a forţei electromotoare E, datorită unei creşteri de viteză, corespunde o creştere *importantă* a curentului ; maşina fiind serie, creşterea curentului provoacă o nouă creştere a forţei electromotoare, apoi iar o creştere a curentului şi aşa mai departe, curentul creşte foarte repede ; din cauza inerţiei mecanice a maşinilor, curentul atinge valori foarte mari, care echivalează cu un scurt-circuit, mai înainte ca să se producă reducerea vitezei, care să limiteze forţa electromotoare şi curentul.

Dacă la un moment dat viteza scade, se produce o scădere rapidă a curentului, iar forţa electromotoare ajunge repede mai mică decât tensiunea liniei de contact, adică avem situaţia din fig. 7, când maşina nu recuperează curent, după cum s'a arătat mai înainte.

Fenomenul de nestabilitate indicat mai sus nu se produce în cazul frânării reostatice. Intr'adevăr în acest caz avem :

$$I = \frac{E}{R + r}$$

unde R este rezistența de frânare, care este cu mult mai mare decât rezistența r a mașinii.

Dacă, la o mărire a vitezei, E crește cu ΔE, curentul I va crește cu :

$$\frac{\Delta E}{R + r}. \qquad (2)$$

In cazul frânării cu recuperare, avem :

$$I = \frac{E - U}{r},$$

iar dacă E crește cu ΔE, curentul I crește cu :

$$\frac{\Delta E}{r} \qquad (3)$$

Deoarece creșterea curentului dată de relația (2) este cu mult mai mică decât aceea dată de relația (3) rezultă că în cazul frânării reostatice, viteza va fi limitată mai înainte ca intensitatea curentului să atingă valori inadmisibile. In mod analog, stabilitatea se va putea păstra și dacă la un moment dat viteza va scădea în timpul frânării reostatice. Cele de mai sus ne arată că o creștere a curentului principal I nu trebue să conducă, în cazul frânării cu recuperare, la o creștere a forței electromotoare E. Aceasta se poate obține dacă mașina are excitație separată sau în derivație.

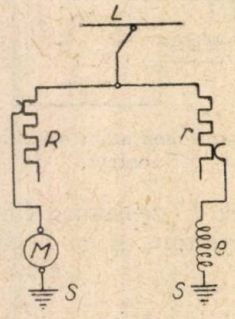


Fig. 9. Frânarea cu recuperare în cazul excitației derivație.

In acest scop, schemele de principiu vor trebui să fie astfel după cum se arată în fig. 9 și 10. In fig. 9 înfășurarea de excitație e a mașinii M se găsește legată între linia de contact L și șina S, fiind astfel montată în derivație față de indusul

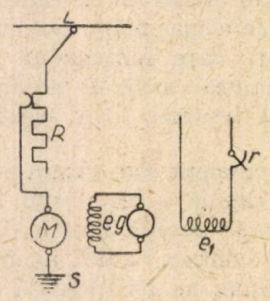


Fig. 10. Frânarea cu recuperare în cazul excitației separate.

mașinii. In serie cu înfășurarea de excitație se găsește reostatul R care servește ca reostat de pornire atunci când mașina funcționează în regim de motor.

In fig. 10 se arată schema corespunzătoare excitației separate. Indusul mașinii M se găsește legat între linia de contact L și șina S. Infășurarea de excitație e a mașinii M este alimentată separat de către generatorul excitator g. S'a notat pe figură cu e_1 înfășurarea de excitație a excitatricei g și cu r reostatul de excitație al excitatricei. Reostatul R în serie cu indusul mașinii M servește ca reostat de pornire atunci când mașina funcționează ca motor.

Deoarece într'un generator de curent continuu cu forța electromotoare E, fluxul inductor Φ și viteza n, avem relația

$$E = k\, n\, \Phi$$

unde K este o constantă de proporționalitate, rezultă că pentru o anumită excitație, la viteze mici avem și forțe electromotoare mici. Pentru ca mașinile locomotivei electrice să frâneze cu recuperare debitând curent în linia de contact, trebue ca forța electromotoare a mașinilor să depășească tensiunea liniei de contact, după cum s'a mai spus. Spre a se obține la viteze mici o forță electromotoare totală cât mai mare va trebui să se cupleze toate mașinile în serie. Dar chiar și în acest caz, atunci când viteza scade sub o anumită limită, forța electromotoare totală este prea mică ; pe de altă parte, această forță electromotoare nu poate depăși o anumită valoare nici prin mărirea fluxului inductor, deoarece intervine saturația magnetică a fierului polilor. Rezultă din cele arătate că frânarea cu recuperare nu poate fi întrebuințată la viteze mici, adică pentru oprire. Această frânare este însă mult utilizată la reglajul vitezei în pante.

Frânarea cu recuperare necesită un echipament special, care mărește prețul de cost al locomotivei electrice ; din această pricină, devine rentabilă numai atunci când sunt pante suficient de mari, de exemplu cel puțin 15‰.

La frânarea electrică cu recuperare, joacă un rol important *stabilitatea* și *elasticitatea electrică* a funcționării. Dacă la un moment dat, din cauza unei pante, viteza crește, forța de frânare trebue deasemenea să crească ; dacă viteza scade, forța de frânare trebue să scadă. Numai în acest caz vom avea o stabilitate mecanică. Intr'adevăr, dacă la o creștere a vitezei ar corespunde o micșorare a efortului de frânare, aceasta ar conduce la o creștere și mai mare a vitezei, în consecință nu am avea frânare. Deasemenea, dacă la o scădere a vitezei, efortul de frânare ar crește, aceasta ar produce o scădere și mai mare a vitezei, deci vehiculul s'ar opri.

Pe de altă parte, din relațiile :

$$E = U + rI$$

$$E = K\, n\, \Phi$$

rezultă :

$$n = \frac{E}{k\,\Phi} = \frac{U + rI}{k\,\Phi}.$$

Deoarece considerăm o mașină cu caracteristică derivație, fluxul inductor este independent

de valoarea curentului principal I. Pentru o anumită tensiune U_1 şi o anumită excitaţie i_1, variaţia vitezei n în funcţie de curentul I, va fi dată de curba corespunzătoare trasată pe fig. 11.

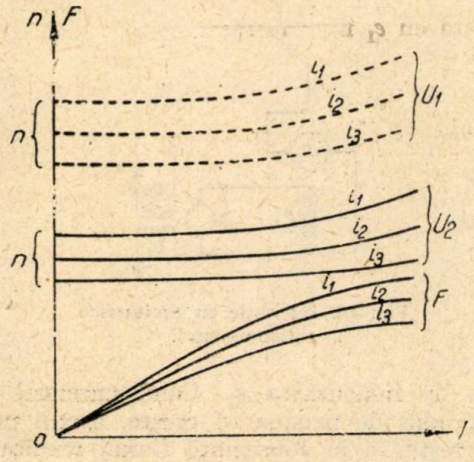


Fig. 11. Caracteristici rigide.

Pe această figură se văd trei curbe $n = f(I)$ pentru tensiunea U_1 şi pentru trei valori i_1 şi i_2 şi i_3 ale excitaţiei. Deasemenea se văd alte trei curbe pentru altă tensiune $U_2 < U_1$, dar pentru aceleaşi valori, i_1, i_2 şi i_3 ale excitaţiei.

Deoarece căderea de tensiune rI în indus este foarte mică în raport cu tensiunea U, curbele au o înclinare foarte mică faţă de orizontală. Către sfârşit, curbele nu mai sunt rectilinii, deoarece viteza creşte mai repede; aceasta se datoreşte faptului că pentru valori mai mari ale curentului I, fluxul Φ nu mai este constant dela o anumită valoare a excitaţiei, ci scade din cauza reacţiunii indusului.

Tot pe fig. 11 s'au trasat pentru cele trei excitaţii i_1, i_2 şi i_3, curbele care reprezintă efortul de frânare F în funcţie de I. Acest efort poate fi considerat proporţional cu cuplul electromagnetic de frânare C, care se ştie că este dat de relaţia :

$$C = K \Phi I$$

unde K este o constantă de proporţionalitate. Din cauză că fluxul Φ este independent de I, cuplul, deci şi efortul F, creşte linear cu I pentru o anumită excitaţie. Pentru valori mai mari ale curentului, creşterea efortului începe totuşi să se micşoreze din cauza reacţiunii indusului.

Cu cât curbele $n = f(I)$ sunt mai apropiate de orizontală, cu atât avem o caracteristică mai *rigidă*, adică mai puţin elastică. Această lipsă de elasticitate prezintă anumite dezavantaje, în special atunci când tensiunea U a reţelei variază.

Să presupunem (fig. 12, *a*) că la un moment dat avem tensiunea U_1 şi curentul I_1, punctul de funcţionare fiind p_1 pe curba corespunzătoare. Dacă tensiunea variază dela valoarea U_1 la valoarea U_2, punctul de funcţionare va trece prin p_1 în p_2 pe curba corespunzătoare acestei noi tensiuni, iar curentul va creşte dela I_1 la I_2 cu atât mai mare ca I_1 cu cât curbele $n = f(I)$ sunt mai puţin înclinate faţă de orizontală, adică cu cât avem o caracteristică mai rigidă. Se vede aşadar, că se pot produce şocuri mari de curent în cazul unei caracteristici neelastice. Pentru comparaţie se arată în fig. 12, *b*, cazul unei caracteristici elastice, când creşterea vitezei este mult mai accelerată, iar variaţiile de curent mult mai reduse în cazul când tensiunea U a liniei de contact variază.

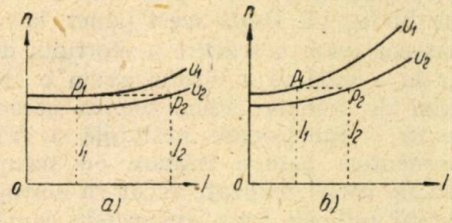


Fig. 12. Comparaţie între caracteristicele rigide şi caracteristicele elastice.

Pentru a obţine o caracteristică elastică, trebue ca fluxul inductor Φ să scadă suficient de repede atunci când curentul I creşte. In fig. 13 se arată

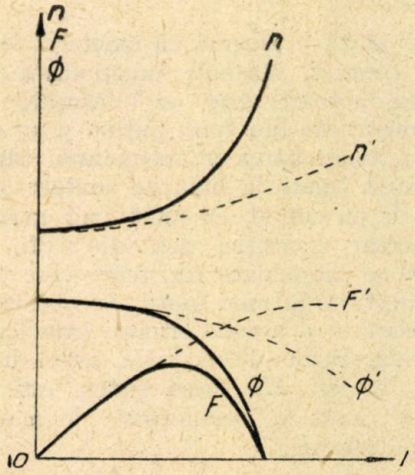


Fig. 13. Caracteristici rigide şi elastice.

cum variază în funcţie de I, viteza n, fluxul Φ şi efortul de frânare F, atât în cazul unei caracteristici elastice (linii pline), cât şi în cazul unei caracteristici rigide (linii întrerupte). Cu ajutorul

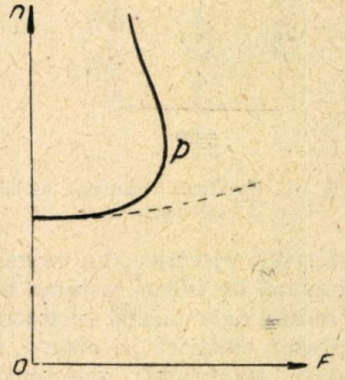


Fig. 14. Elasticitate şi stabilitate.

acestor curbe se poate trasa o curbă de variaţie a vitezei în funcţie de efortul de frânare, pentru caracteristica elastică (linie plină, fig. 14), şi

pentru caracteristica rigidă (linie întreruptă fig. 14). Este de observat că în cazul caracteristicei rigide avem o bună stabilitate mecanică pentru întreaga curbă; într'adevăr, la o creştere a vitezei avem totdeauna şi o creştere a efortului de frânare F, iar la o scădere a vitezei avem deasemenea şi o scădere a efortului de frânare. In cazul caracteristicei elastice, avem stabilitate mecanică numai până în punctul p al curbei cu trăsături pline din fig. 14. După acest punct, la o creştere a vitezei avem o scădere a efortului de frânare, iar la o scădere a vitezei avem o creştere a efortului de frânare, adică tocmai ceeace caracterizează o funcţionare nestabilă a frânării.

Echipamentele pentru frânare cu recuperare trebue să fie astfel realizate încât să corespundă unei situaţii mijlocii între avantajele caracteristicei elastice şi desavantajele instabilităţii mecanice.

Din punctul de vedere al excitaţiei, distingem două posibilităţi:

Excitaţie conectată la linia de contact.

Excitaţie realizată cu ajutorul unei excitatrice.

Fig. 15 arată o schemă cu excitaţia legată de linia de contact. Maşinile funcţionând în mod normal ca motoare serie, au înfăşurările de excitaţie constituite din spire puţine şi cu secţiune mare. La funcţionarea în recuperare, când înfăşurările sunt legate la linia de contact, ele sunt parcurse de un curent cu mult mai mare decât acela necesar excitaţiei derivaţie; din această cauză trebue intercalate rezistenţe care consumă energie electrică în mod inutil. Se obţine o oarecare ameliorare a acestei situaţii prin legarea în serie a înfăşurărilor de excitaţie, astfel după cum se arată în fig. 15. Acest sistem este utilizat mult mai mult la locomotivele de manevră şi la cele industriale.

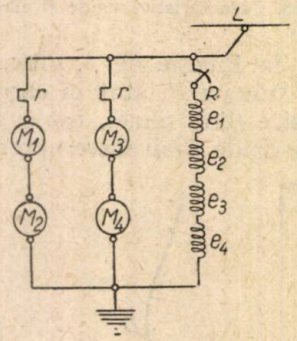


Fig. 15. Excitaţia conectată la linia de contact.

La locomotivele electrice din marea tracţiune, se întrebuinţează de obicei sisteme la care excitaţia este produsă de o maşină excitatrice. In acest caz, elasticitatea electrică se obţine, fie prin anticompoundare, fie printr'o rezistenţă de amortizare, după cum se va arăta mai departe.

Fig. 16 reprezintă schema electrică în cazul unei excitatrice cu excitaţie anticompound. S'a notat cu E înfăşurarea de excitaţie a maşinii principale M, care funcţionează în regim de recuperare. Această excitaţie este alimentată de către excitatricea g, care are două înfăşurări de excitaţie, e_1 şi e_2. Fluxul produs de e_2 este totdeauna mai mare şi de senz contrar faţă de fluxul

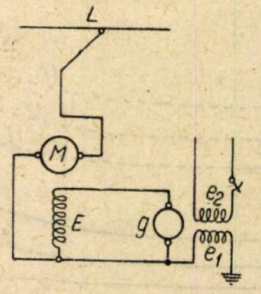


Fig. 16. Excitaţie cu excitatrice anticompound.

produs de înfăşurarea e_1. Când curentul principal produs de maşina M creşte, fluxul produs de e_1 creşte, şi în consecinţă fluxul rezultant al excitaţiei scade, ceeace conduce, după cum s'a arătat, la obţinerea unei anumite elasticităţi electrice.

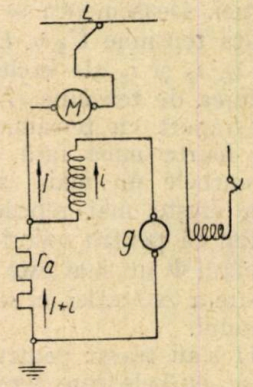


Fig. 17. Schemă cu rezistenţă de amortizare.

Fig. 17 corespunde unei scheme cu rezistenţă de amortizare. Maşina, care funcţionează în recuperare, este notată cu M, curentul principal cu I, curentul excitatricei g cu i, iar rezistenţa de amortizare cu r_a.

Dacă notăm cu E_e forţa electromotoare a excitatricei, cu r_t rezistenţa totală a circuitului de excitaţie (indusul excitatricei, rezistenţa de amortizare şi înfăşurarea de excitaţie a maşinii principale) şi aplicăm a doua lege a lui Kirchkoff la circuitul de excitaţie, obţinem:

$$E_e = r_t \cdot i + r_a \cdot I .$$

Dacă se păstrează constantă forţa electromotoare E_e a excitatricei, se vede din relaţia de mai sus că i şi I trebue să varieze în sens invers. Fluxul inductor al maşinii fiind proporţional cu i, rezultă că acest flux inductor şi curentul I variază în sens invers, adică s'a obţinut condiţia de elasticitate electrică.

Excitatricea poate fi, la rândul ei, de mai multe feluri:

Acţionată de către un electromotor auxiliar, cu care constitue un grup motor-generator;

Acţionată de către o osie purtătoare a locomotivei.

Constituită dintr'unul, eventual două motoare de tracţiune.

Sistemul cel mai des întrebuinţat este acela cu grup motor-generator. In fig. 18 se arată o schemă de principiu în care curentul de excitaţie al maşinii principale este produs de un grup motor-generator notat cu *m* şi *g*.

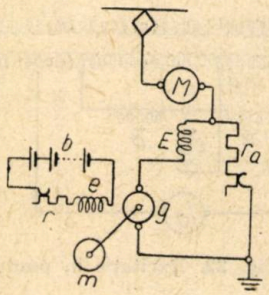


Fig. 18. Excitaţie cu grup motor-generator.

S'a desenat pentru simplificare şi în acest caz numai un singur motor de tracţiune funcţionând ca generator (notat cu *M*). Curentul de excitaţie al excitatricei *g* este produs de bateria de acumulatori *b*. Reglajul normal al frânării se realizează prin variaţia rezistenţei reglabile *r* din circuitul de excitaţie *e* al excitatricei *g*. In felul acesta se obţine variaţia curentului în înfăşurarea de excitaţie *E* a maşinii principale *M*. Rezistenţa de amortizare r_a serveşte pentru obţinerea elasticităţii electrice.

FRANAREA ELECTRICĂ LA LOCOMOTIVELE MONOFAZATE

a) *Frânarea reostatică*. Teoretic, motorul monofazat serie cu colector ar putea funcţiona, în cazul frânării reostatice, ca generator de curent continuu cu excitaţie proprie. In realitate însă, apare o dificultate. Se ştie că prinderea generatorului de curent continuu cu excitaţie proprie se face cu ajutorul magnetismului remanent. La locomotiva monofazată motoarele au înfăşurarea de excitaţie parcursă de un curent alternativ, astfel încât şi inducţia magnetică în fierul inductorului are o variaţie alternativă cu treceri periodice prin zero. De aceea se poate întâmpla ca inducţia magnetică, şi deci magnetismul remanent, să aibă o valoare nulă în momentul trecerii maşinei dela funcţionarea ca motor la funcţionarea ca generator. In acest caz, generatorul nu mai prinde iar frânarea nu mai funcţionează.

Din cele de mai sus, rezultă că generatorul nu poate funcţiona cu excitaţie proprie şi trebue să aibă excitaţie separată, curentul necesar excitaţiei luându-se dela secundarul transformatorului principal al locomotivei. Curentul de excitaţie fiind alternativ, tot alternativ va fi şi curentul debitat.

In fig. 19 se arată, pentru un singur motor, schema simplificată în cazul frânării reostatice. Infăşurarea de excitaţie *E* este alimentată de secundarul transformatorului principal (neindicat pe figură), I_d reprezintă indusul maşinei, iar *R* rezistenţa de frânare. Reglajul frânării se poate obţine, fie prin variaţia rezistenţei de frânare *R*, fie prin variaţia excitaţiei.

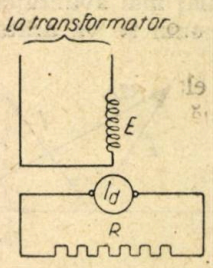


Fig. 19. Excitaţie conectată la transformator.

Ca şi la locomotiva de curent continuu, frânarea reostatică se utilizează numai pentru frânarea locomotivei; frânarea întregului tren ar necesita rezistenţe prea voluminoase şi prea grele.

b) *Frânarea cu recuperare*. Deoarece în cazul frânării cu recuperare maşinile trebue să producă curent alternativ, curentul de excitaţie trebue să fie deasemenea alternativ. Din cauza riscului de a nu avea magnetism remanent, după cum s'a arătat şi la frânarea reostatică, maşina trebue să aibă excitaţie independentă. Acest fel de excitaţie este de altfel necesar şi pentru o funcţionare stabilă, din aceleaşi motive, ca şi la locomotive de curent continuu. In sfârşit, frânarea cu recuperare este utilizabilă pentru reglajul vitezei în pante şi nu pentru oprire, deasemenea pentru aceleaşi motive ca şi la locomotiva de curent continuu.

In cazul frânării cu recuperare, este necesar la locomotiva monofazată, nu numai ca forţa electromotoare *E* a maşinii să aibă valoarea necesară, dar şi unghiul de decalaj al curentului livrat al liniei de contact, faţă de tensiunea acestei linii, să fie astfel, încât energia wattată recuperată, să fie cât mai mare. In acest scop, se întrebuinţează diverse scheme de montaj.

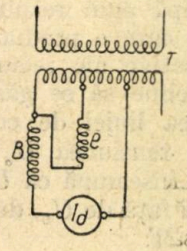


Fig. 20. Schemă cu bobină de mare inductanţă.

Fig. 20 arată simplificat o asemenea schemă. Excitaţia *e* a maşinei este alimentată dela secundarul transformatorului principal *I* al locomotivei. Energia recuperată este dată aceluiaşi

transformator, pentru a fi apoi transmisă liniei de contact. Pe figură s'a notat cu I_d indusul maşinii şi cu B o bobină, care se introduce în mod special, în serie cu indusul, pentru a se obţine un decalaj mai avantajos al curentului recuperat, după cum se va arăta mai departe.

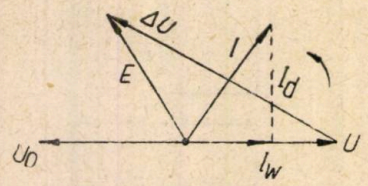


Fig. 21. Diagramă vectorială corespunzătoare schemei din fig. 20.

Fig. 21 indică diagrama vectorială a mărimilor electrice, care intervin în cazul schemei din fig. 20. Să notăm cu E forţa electromotoare a maşinii, cu U tensiunea pe care maşina o produce la bornele transformatorului, cu Z, impedanţa circuitului indusului şi cu I curentul în indus.

Avem :

$$\bar{E} = \bar{U} + Z\bar{I}$$

adică :

$$I = \frac{\bar{E} - \bar{U}}{Z} = \frac{\Delta \bar{U}}{Z}$$

unde am notat prin $\Delta \bar{U}$ diferenţa vectorială între $\bar{E}$ şi $\bar{U}$. Se vede de mai sus, că decalajul între I şi ΔU, deci între I şi U, depinde de impedanţa Z a circuitului indusului. Dând o anumită valoare acestei impedanţe, se va obţine un anumit decalaj între I şi ΔU, deci între I şi U. Cu cât impedanţa Z va fi mai inductivă, cu atât decalajul curentului I în urma tensiunii ΔU va fi mai apropiat de $\pi/2$.

Să notăm cu U_0 tensiunea aplicată dela linia de contact prin intermediul transformatorului T, asupra înfăşurării de excitaţie e. Din cauza marii inductanţe a circuitului de excitaţie, curentul de excitaţie este decalat în urma tensiunii U_0 cu aproape $\pi/2$. Fluxul inductor va fi deci şi el decalat cu aproape $\pi/2$ în urma aceleiaşi tensiuni U_0. Dar fluxul inductor Φ este în fază cu forţa electromotoare E. In consecinţă, forţa electromotoare E este decalată cu aproape $\pi/2$ în urma tensiunii U_0, după cum rezultă şi din fig. 21. Tensiunea U pe care o produce indusul maşinii la bornele respective ale secundarului transformatorului T, trebue să se găsească în opoziţie faţă de tensiunea liniei de contact la aceleaşi borne; deoarece tensiunea U_0 este produsă de linia de contact, înseamnă că U trebue să se găsească în opoziţie faţă de U_0, după cum s'a trasat de altfel pe fig. 21.

Din cauza marii inductanţe a bobinei B din circuitul indusului, curentul I din indus se găseşte decalat în urma tensiunii ΔU cu unghiul $\pi/2$. Se vede din figură că I_w este componenta wattată a curentului din indus, componentă care produce energia wattată trimisă prin recuperare în linia de contact. Se vede deasemenea că bobina B trebue să aibă o inductanţă cât mai mare. Totuşi şi în acest caz, componenta dewatată este destul de mare, astfel încât, deşi prin bobină trece un curent I mare, ceeace necesită o bobină costisitoare, curentul wattat I_w este relativ mic.

Un alt montaj utilizat la recuperare este acela indicat pe fig. 22. Infăşurarea de excitaţie e este legată în *punte*, cu un capăt în punctul o — pe secundarul transformatorului T de alimentare — iar celălalt capăt în punctul f, care se

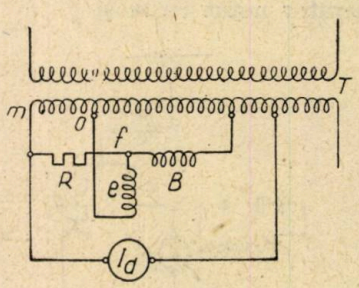


Fig. 22. Excitaţie în punte.

găseşte între bobina B şi rezistenţa R, după cum se vede pe figură. Celelalte notaţii sunt la fel ca şi în fig. 20.

Diagramele vectoriale ale mărimilor electrice respective, sunt arătate în fig. 23. S'a notat cu U_R şi U_B tensiunile la bornele rezistenţei R şi a bobinei B. Tensiunea între punctele m şi o este reprezentată prin vectorul $\overline{mo}$, iar tensiunea între punctele o şi n prin vectorul $\overline{o-n}$. In consecinţă, tensiunea dintre punctele f şi o în înfăşurarea de excitaţie, va fi reprezentată prin vectorul Ue. Din cauza marii inductanţe a circuitului de excitaţie, precum şi a bobinei B, curentul de excitaţie I_e va fi decalat cu $\pi/2$ în urma tensiunii U_e, iar curentul I_B din bobina B va fi decalat cu $\pi/2$ în urma tensiunii U_B. Curentul I_R din rezistenţa R se găseşte în fază cu U_e. In conformitate cu cele de mai sus, s'a trasat pe fig. 23, diagrama curenţilor I_e, I_B şi I_R.

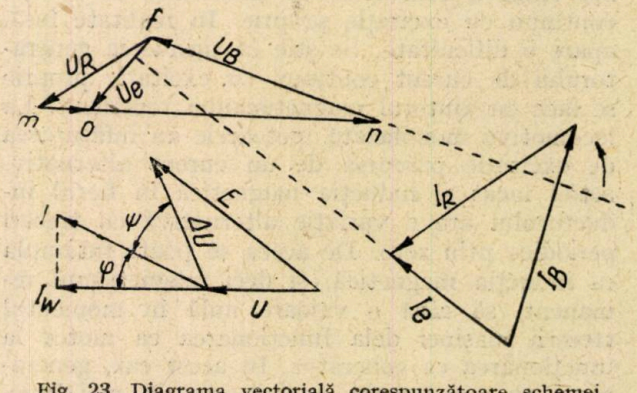


Fig. 23. Diagrama vectorială corespunzătoare schemei din fig. 22.

Forţa electromotoare E fiind în fază cu fluxul inductor, vectorul $\bar{E}$ este paralel cu I_e. Deasemenea, vectorul $\bar{U}$ al tensiunii la bornele circuitului indusului este paralel cu $\overline{mn}$ pentru motivele arătate şi la schema din fig. 20. Vectorul $\Delta \bar{U}$ reprezintă diferenţa vectorială între $\bar{E}$ şi $\bar{U}$.

Curentul I din circuitul indusului face un anumit unghi de decalaj ψ cu ΔU, în raport cu impedanţa circuitului indusului. Rezultă un anumit unghi de decalaj φ între I şi U. Cu cât acest unghi φ va fi mai mic, cu atât componenta wattată Iw a curentului I va fi mai mare, şi deci energia wattată livrată liniei de contact prin recuperare, va fi mai mare. Observăm din fig. 23 că unghiul φ poate fi mişcat prin deplasarea spre dreapta a punctului o unde circuitul de excitaţie este legat la transformatorul T. Intr'adevăr, pe măsură ce punctul o se deplasează spre dreapta, vectorii I_e şi E se apropie de orizontală. Deoarece unghiul ψ este constant, rezultă că şi vectorul I se apropie de orizontală, adică unghiul de decalaj φ între U şi I tinde spre zero.

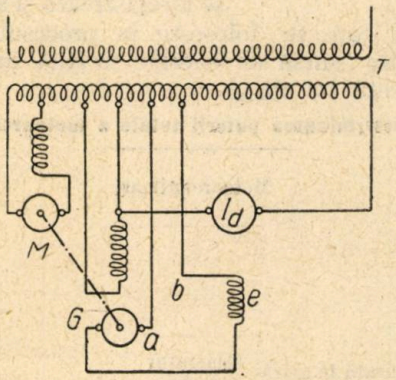


Fig. 24. Schemă cu generatrice specială de excitaţie.

Insfârşit, în fig. 24 se arată o altă schemă de montaj, care utilizează pentru producerea curentului de excitaţie I_e al maşinei principale, o generatrice specială G antrenată de motorul serie M, alimentat dela o priză a secundarului transformatorului principal T. In fig. 25 s'a trasat şi diagrama vectorială corespunzătoare.

Pentru simplificarea expunerii, se va presupune deocamdată că punctele a şi b din fig. 24 sunt legate direct. Asupra circuitului de excitaţie al generatricei G este aplicată tensiunea U_t dela secundarul transformatorului T. Din cauza inductanţei circuitului de excitaţie, curentul i_e de excitaţie al generatricei G este decalat cu aproximativ $\pi/2$ în urma tensiunii U_t. Curentul i_e produce un flux inductor în fază cu forţa electromotoare a generatricei G, iar practic şi cu tensiunea U_e a generatricei G, dat fiind că diferenţa între forţa electromotoare şi U_e (adică pierderea de tensiune) este foarte mică. Curentul de

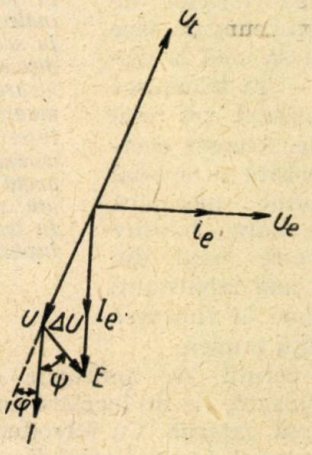


Fig. 25. Diagrama vectorială corespunzătoare schemei din fig. 24.

excitaţie I_e al maşinii principale al cărei indus este I_d — va fi decalat cu $\pi/2$ în urma tensiunii U_e din cauza marii inductanţe a înfăşurării de excitaţie e. Forţa electromotoare E din indusul I_d al maşinii principale, este în fază cu fluxul inductor al acestei maşini, deci şi cu I_e. Tensiunea U la bornele circuitului indusului I_d este aproximativ în opoziţie cu U_t. Curentul I din indusul I_d face un unghi de decalaj ψ cu $\Delta\overline{U} = \overline{E}-\overline{U}$, în raport cu impedanţa circuitului indusului şi deci un unghi φ cu U, după cum se arată pe fig. 25. Putem varia unghiul φ, variind faza curentului I_e, dat fiind că unghiul ψ este constant. Pentru a varia faza curentului I_e, în scopul micşorării unghiului φ, se adaugă în circuitul de excitaţie al maşinii principale, încă o tensiune corespunzătoare, aplicată între punctele a şi b (fig. 24) dela două prize alese în consecinţă pe secundarul transformatorului T.

Din cele de mai sus, se vede că frânarea cu recuperare, necesită la locomotiva monofazată un echipament mai complicat. Din această cauză — precum şi datorită faptului că randamentul său este destul de redus — acest fel de frânare este mai puţin întrebuinţat la locomotivele monofazate.

★

ТОРМОЗ С КОРОТКИМ ЗАМЫКАНИЕМ ЯКОРЯ И РЕКУПЕРАЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЛОКОМОТИВА

Резюме

В этой статье сначала указываются характерные преимущества, которые даются электрическим локомотивам при электрическом тормозе двух видов: с коротким замыканием якоря и рекуперационный.

Затем рассматриваются, как для локомотивов с двигателями постоянного тока, так и для локомотивов с однофазными двигателями, условия при которых возможно осуществить тормоз с коротким замыканием якоря и рекуперационный.

★

INDICII DE INZESTRARE A MUNCII CU ENERGIE

Ing. L. MARCOVICI

In prezentul articol se tratează problema indicilor de înzestrare a muncii cu energie. In societatea socialistă, creşterea acestor indici este o directivă importantă pentru modernizarea proceselor de producţie şi uşurarea muncii lucrătorilor. Se definesc indicii de înzestrare a muncii cu energie, felul lor şi modul de calcul, dându-se şi exemple. Se arată realizările din U. R. S. S. în acest domeniu şi felul cum au evoluat aceşti indici. In încheiere, se arată influenţa indicilor de înzestrare a muncii cu energie asupra creşterii productivităţii muncii.

Desvoltarea forţelor de producţie din industrie, face ca lucrătorii să aibă la dispoziţia lor — să folosească — într'o măsură tot mai mare energie. Această energie este folosită în special sub două forme : mecanică şi electrică. Larga folosire a energiei este unul din factorii cei mai importanţi care contribue la ridicarea productivităţii muncii.

Energia cerută de procesele de producţie poate fi furnizată, fie de lucrător-energie umană, fie de o sursă externă. Cu introducerea mecanizării şi în special a automatizării — care este o treaptă superioară a mecanizării — energia umană, a cărei putere este limitată, este înlocuită tot mai mult prin energia mecanică, a cărei putere nu este limitată. In modul acesta, înzestrarea cu energie a lucrătorilor creşte necontenit.

Pentru a stabili în ce măsură lucrătorii unei întreprinderi, sau ai unei ramuri, sunt înzestraţi cu energie, este necesar a se face calculul indicilor de înzestrare a muncii cu energie. Una din sarcinile importante ale statisticei energetice, este şi stabilirea gradului şi ritmului de înzestrare a lucrătorilor cu energie.

Coeficienţii de înzestrare a muncii cu energie pot fi de două feluri : *coeficienţi potenţiali* şi *coeficienţi efectivi*, după cum calculul se face în raport cu puterea motoarelor sau în raport cu energia consumată.

Coeficientul de înzestrare a muncii cu energie, calculat după puterea motoarelor, se numeşte *coeficient de înzestrare potenţială* a muncii cu energie. Acest coeficient, arată puterea motoarelor ce revine în medie pe un muncitor scriptic al întreprinderii.

Dacă însemnăm cu $K^{pot}_{i.m.e.}$ coeficientul de înzestrare a muncii cu energie, cu P_e puterea energetică a întreprinderii şi cu N numărul lucrătorilor din schimbul cel mai mare, avem : $K^{pot}_{i.m.e.} = \frac{P_e}{N}$.

In această relaţie P_e (puterea energetică a întreprinderii) este egal cu

$$P_e = P_{m.p.} - P_{m.p.g.} + P_{m.e.} + P_{a.e.}$$

unde :

$P_{m.p.}$ — puterea tuturor motoarelor primare (inclusiv motoarele cu acţiune directă şi cele primare pentru transportul în întreprindere ;

$P_{m.p.g.}$ — puterea motoarelor primare care deservesc generatorii ;

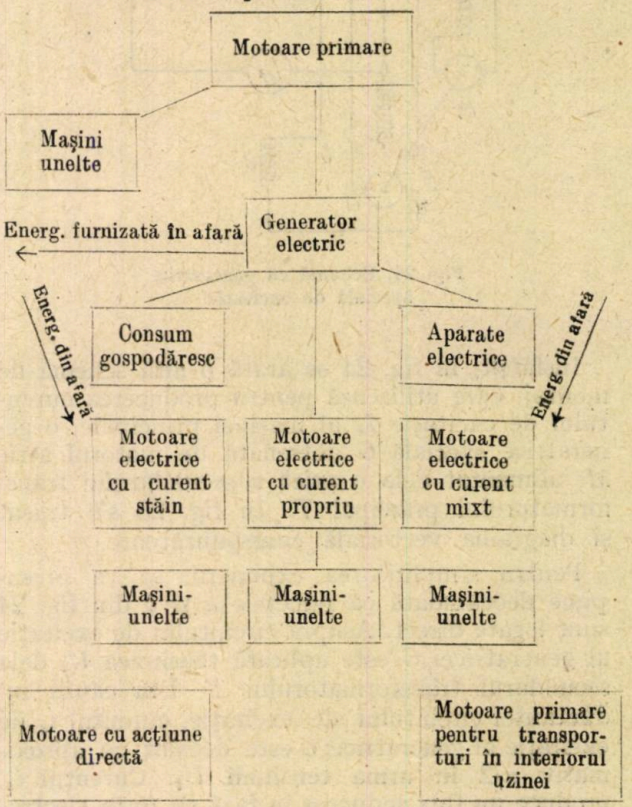
$P_{m.e.}$ — puterea tuturor motoarelor electrice (cu curent propriu, străin saumixt) ;

$P_{a.e.}$ — puterea aparatelor electrice.

Scăzând din $P_{m.p.}$ cantitatea $P_{m.p.g.}$ includem în calculul puterii numai aceaparte a puterii motoarelor primare care se transmite direct maşinilor-unelte (prin acţionare mecanică). Puterea generatorilor electrici nu intră deloc în calcul. Se exclude prin urmare şi puterea care deserveşte pe consumatorii străini.

Puterea consumatorilor proprii este socotită prin cantităţile $P_{a.e.}$ şi parţial prin $P_{m.e.}$ In acelaşi timp se înregistrează şi acea parte a puterii care se foloseşte în procesul de producţie din sursă de energie străină (intrând în componenţa lui $P_{m.e.}$).

Determinarea puterii totale a motoarelor



$$P_{energ.\ tot.} = P_{mot.\ prim.} - P_{mot.\ prim.\ gen.} + P_{mot.\ electr.} + P_{aparat\ electr.}$$

Astfel, cu ajutorul formulei de mai sus, elaborată de academicianul sovietic Veiţ — se elimină pe de o parte dubla înregistrare a puterii, iar pe de altă parte se elimină acea putere care nu este folosită în procesul de producţie al întreprinderii şi, în sfârşit, se ţine seama de puterea livrată din afară.

Am văzut că N reprezintă numărul lucrătorilor din schimbul cel mai mare, deci coeficientul de înzestrare a muncii cu energie va arăta înzestrarea medie cu energie a unui lucrător în perioada celei mai mari încărcări a întreprinderii.

Exemplu. Dacă presupunem că puterea energetică a întreprinderii P_e =2400 kW, iar N=1000 lucrători, vom avea :

$$K_{\text{î.m.e.}}^{\text{pot}} = \frac{P_e}{N} = \frac{2400 \text{ kW}}{1000 \text{ lucr.}} = 2{,}4 \frac{\text{kW}}{\text{lucr.}}.$$

Coeficientul de înzestrare potențială a muncii cu energie, nu dă decât o valoare de orientare asupra înzestrării reale a muncii cu energie.

Caracteristica înzestrării reale a muncii cu energie se face cu ajutorul *coeficientului de înzestrare efectivă* a muncii cu energie, care ne arată cantitatea de energie consumată ce revine în medie pe unitatea de timp lucrată (pe ora de lucru).

Dacă însemnăm acest coeficient cu $K_{\text{î.m.e.}}^{\text{efect}}$ cu W cantitatea totală de energie consumată de întreprindere, atât pentru nevoile motrice, cât și pentru cele tehnologice și cu T totalul de om-ore lucrate, vom avea : $K_{\text{î.m.e.}}^{\text{efect}} = \frac{W}{T}$.

Exemplu. Dacă cei 1000 de lucrători au lucrat în perioada de evidență 300 000 om-ore, iar energia totală consumată a fost de 750 000 kWh, vom avea :

$$K_{\text{î.m.e.}}^{\text{efect}} = \frac{W}{T} = \frac{750\,000 \text{ kWh}}{300\,000 \text{ om-ore}} = 3 \frac{\text{kWh}}{\text{om-oră}},$$

adică 3 kWh pe om și oră lucrată.

Acest coeficient ne dă o imagine mult mai aproape de realitate asupra înzestrării muncitorilor cu energie. Totuși, nu avem întotdeauna posibilitatea de a măsura elementele care determină acest coeficient. In acest caz trebue să ne mulțumim cu coeficientul de înzestrare potențială a muncii cu energie, care — deși nu este așa de precis — este mai ușor de calculat.

Coeficienții de înzestrare a muncii cu energie potențială și efectivă pot prezenta două variante de coeficienți parțiali :

a) coeficientul de înzestrare a muncii cu energie electrică (potențială sau efectivă) ;

b) coeficientul de înzestrare a muncii cu energie mecanică (potențială sau efectivă).

Să examinăm întâi coeficienții de înzestrare a muncii cu energie electrică. Acești coeficienți arată gradul de înzestrare a muncii nu cu întreaga energie, ci numai cu cea electrică. Aceștia pot caracteriza atât înzestrarea potențială cât și cea efectivă a muncii cu energie electrică.

Coeficienții de înzestrare a muncii cu energie electrică pot fi calculați în două moduri : *direct*, prin împărțirea puterii corespunzătoare a energiei electrice consumate la numărul de muncitori (coeficientul potențial de înzestrare a muncii cu energie electrică) sau prin împărțirea energiei electrice consumate la numărul de om-ore lucrate (coeficientul efectiv de înzestrare a muncii cu energie electrică) ; *indirect*, prin înmulțirea coeficientului de înzestrare a muncii cu energie cu coeficientul corespunzător de electrificare.

Prin *coeficientul de electrificare* se înțelege greutatea specifică a energiei electrice în totalul energiei consumate, respectiv greutatea specifică a puterii electrice din totalul puterii energetice.

De exemplu, dacă presupunem că coeficientul de înzestrare potențială a muncii este de 2,4 kW, iar coeficientul de electrificare potențială este de 75%, coeficientul de înzestrare potențială a muncii cu energie electrică va fi :

$$2{,}4 \cdot \frac{75}{100} = 1{,}8 \text{ kW}.$$

Coeficientul de înzestrare efectivă a muncii cu energie electrică rezultă din împărțirea consumului de energie electrică (kWh) la numărul de om-ore lucrate. Dacă presupunem că s'au consumat un număr de 600 000 kWh energie electrică la un număr de 300 000 om-ore, coeficientul efectiv de înzestrarea muncii cu energie efectrică va fi :

$$\frac{600\,000}{300\,000} = 2 \frac{\text{kWh}}{\text{om-oră}} \text{ adică 2 kW/lucrător.}$$

Această valoare putem să o calculăm și cu ajutorul coeficientului efectiv de înzestrare a muncii cu energie electrică, prin înmulțirea acestuia cu coeficientul de înzestrare efectivă a muncii cu energie.

In general, dacă însemnăm cu :

$K_{\text{î.el.m.}}^{\text{pot}}$ — coeficientul de înzestrare potențială a muncii cu energie electrică ;

$P_{\text{e. el.}}$ — puterea totală a tuturor electromotoarelor care acționează mașinile de lucru (a receptorilor electrici ;

N — numărul de lucrători din schimbul cel mai mare,

vom avea următoarea relație care ne dă coeficientul de înzestrare potențială a muncii cu energie electrică : $K_{\text{î.el.m.}}^{\text{pot}} = \frac{P_{\text{e.el.}}}{N}$.

Dacă notăm cu :

$K_{\text{i.el.m.}}^{\text{efect}}$ — coeficientul de înzestrare efectivă a muncii cu energie electrică ;

$W_{\text{el.}}$ — energia electrică total consumată, exprimată în kWh ;

T — numărul total de om-ore, lucrate ; vom avea : $K_{\text{i.el.m.}}^{\text{efect}} = \frac{W_{\text{el}}}{T}$.

Coeficientul de înzestrare mecanică a muncii este al doilea fel de coeficient parțial de înzestrare a muncii cu energie. Acest coeficient caracterizează gradul de înzestrare a muncii cu energie mecanică, energie furnizată de motorul primar, prin transmisie mecanică. El poate fi de două feluri : potențial și efectiv. Coeficientul potențial de înzestrare a muncii cu energie mecanică se poate obține fie direct, prin împărțirea puterii transmisă mecanic la numărul muncitorilor, fie indirect prin diferența între coeficienții potențiali de energie și cel de energie electrică.

Dacă însemnăm cu :

$K_{\text{i.m.m}}^{\text{pot}}$ — coeficientul de înzestrare potențială a muncii cu energie mecanică ;

$P_{\text{e.mec.}}$ — puterea totală a motoarelor primare cu transmisie mecanică ;

N — numărul lucrătorilor din schimbul cel mai mare; vom avea: $K^{pot}_{i.m.m} = \frac{P_{e.mec.}}{N}$.

sau

$$K^{pot.}_{i.m.m} = K^{pot.}_{i.m.e} - K^{pot.}_{i.el.m}$$

La fel, coeficientul efectiv de înzestrare a muncii cu energie mecanică se poate calcula în două moduri: direct, prin împărţirea energiei mecanice consumate la numărul de om-ore lucrate; indirect, prin diferenţa între coeficientul de înzestrare efectivă a muncii cu energie şi coeficientul de înzestrare efectivă a muncii cu energie electrică.

Dacă însemnăm cu:

$K^{efec.}_{i.m.m}$ — coeficientul de înzestrare mecanică a muncii;

$W_{mec.}$ — energia totală consumată sub formă mecanică, exprimată în kWh;

T — numărul total de om-ore efectuate;

vom avea: $K^{efect}_{i.m.m} = \frac{W_{mec.}}{T}$

sau

$$K^{efect.}_{i.m.m} = K^{efect.}_{i.m.e} - K^{efect.}_{i.el.m}$$

In ultimul timp a început să se întrebuinţeze o metodă simplificată de calculare a înzestrării muncii cu energie, respectiv cu energie electrică. Prin această metodă coeficientul de înzestrare a muncii cu energie se calculează împărţind energia consumată la numărul mediu scriptic al muncitorilor.

Pentru a lămuri mai bine noţiunile expuse vom face un exemplu de calcul complet, al tuturor indicilor de înzestrare a muncii cu energie.

Presupunem că avem o întreprindere dela care am obţinut următoarele date asupra compunerii gospodăriei ei energetice şi asupra cantităţii de energie consumată în procesul de producţie:

Nr. curent	Motoare şi aparate electrice care deservesc procesul de producţie	Puterea (kW)	Energia transmisă (consumată în producţie) (kWh)
1	Motoare primare care deservesc acţionarea mecanică	1000	360 000
2	Motoare electrice	2000	800 000
3	Aparate electrice	300	150 000
	Total	3300	1 310 000

Presupunem deasemenea că numărul mediu scriptic al muncitorilor din schimbul cel mare a fost de 2200, efectuând un total de 720 000 om-ore.

Cu aceste date vom obţine următorii coeficienţi de înzestrare a muncii cu energie.

A. COEFICIENŢI POTENŢIALI

I. Coeficientul de înzestrare potenţială a muncii cu *energie*.

$$K^{pot.}_{i.m.e} = \frac{P_e}{N} = \frac{3300}{2200} 1{,}5 \text{ kW}.$$

II. Coeficientul de înzestrare potenţială a muncii cu *energie electrică*:

$$K^{pot.}_{i.el.m} = \frac{P_{e.el}}{N} = \frac{2300}{2200} = 1{,}05.$$

III. Coeficientul de înzestrare potenţială a muncii cu *energie mecanică*:

$$K^{pot.}_{i.m.m} = \frac{P_{e.mec.}}{N} = \frac{1000}{2200} = 0{,}45.$$

Verificare:

$$K^{pot.}_{i.m.e} = K^{pot.}_{i.m.m} + K^{pot.}_{i.el.m}$$

$$1{,}5 = 1{,}05 + 0{,}45.$$

B. COEFICIENŢI EFECTIVI

I. Coeficientul efectiv de înzestrare a muncii cu *energie*:

$$K^{efect.}_{i.m.e} = \frac{W}{T} = \frac{1\,310\,000}{720\,000} = 1{,}82 \text{ kW}.$$

II. Coeficientul efectiv de înzestrare a muncii cu *energie electrică*:

$$K^{efect.}_{i.el.m} = \frac{W_{el.}}{T} = \frac{950\,000}{720\,000} = 1{,}32 \text{ kW}.$$

III. Coeficientul efectiv de înzestrare a muncii cu *energie mecanică*:

$$K^{efect.}_{i.m.m} = \frac{W_{mec.}}{T} = \frac{360\,000}{720\,000} = 0{,}5 \text{ kW}.$$

Verificare:

$$K^{efect.}_{i.m.e.} = K^{efect.}_{i.el.m.} + K^{efect.}_{i.m.m.} = 1{,}32 + 0{,}5 = 1{,}82.$$

Observaţie: Coeficienţii de înzestrare a muncii cu energie electrică se pot calcula şi prin înmulţirea coeficientilor de înzestrare a muncii cu energie cu coeficienţii de electrificare.

In cazul nostru coeficienţii de electrificare sunt următorii:

Coeficientul de electrificare potenţială:

$$\frac{2300}{3300} = 0{,}70.$$

Coeficientul de electrificare efectivă:

$$\frac{950\,000}{1\,310\,000} = 0{,}73.$$

Vom avea deci: coeficientul de înzestrare potenţială a muncii cu energie electrică

$K^{pot.}_{i.el.m.}$ = $K^{pot.}_{i.m.e.}$ × coeficientul de electrificare potenţială = $1{,}5 \times 0{,}70 = 1{,}05$.

Coeficientul de înzestrare efectivă a muncii cu energie electrică :

$$K_{\text{î.el.m.}}^{\text{efect.}} = K_{\text{î.m.e.}}^{\text{efect.}} \times \text{coeficientul de electrificare efectivă} = 1{,}82 \times 0{,}73 = 1{,}32.$$

Vedem deci că şi prin această metodă obţinem aceleaşi date.

Calculul coeficienţilor înzestrării muncii cu energie, în total şi defalcat pe feluri de energie (mecanică sau electrică) este necesar a fi făcut pentru a avea posibilitatea să observăm nu numai schimbările intervenite în înzestrarea *cantitativă* a muncii cu energie, dar şi a schimbărilor *calitative* ce pot interveni.

Pe baza acestor coeficienţi putem uşor calcula indicii înzestrării muncii cu energie, care reprezintă raporturile, în procente, dintre înzestrarea muncii cu energie din perioadele respective şi aceea din perioada de bază.

Pe baza formulelor indicate mai sus, putem calcula coeficienţii şi indicii înzestrării muncii cu energie pe atelier, pe fabrică, pe uzină, pe ramură şi pe întreaga industrie.

In ramurile industriale cu consum ridicat de energie, unde pe unitatea de produs revine o cantitate însemnată de energie (siderurgie, metalurgie prelucrătoare, extractiv, chimie) coeficienţii de înzestrare a muncii cu energie au o valoare mai ridicată decât în celelalte ramuri industriale.

Dăm în tabela 1 dinamica indicilor de înzestrare a muncii cu energie în U.R.S.S. (după Romanov).

Din examinarea acestui tablou rezultă că în U.R.S.S. între anii 1928 şi 1937 coeficientul de înzestrare a muncii cu energie a crescut dela 1,30 kWh pe om-oră lucrată, la 3,34 kWh om-oră, adică a crescut cu 257%.

Se vede deasemenea că în timp ce în industria mijloacelor de producţie acest coeficient a crescut dela 1,58 în anul 1928 la 3,69 kWh/om-oră în anul 1936, adică cu 133,5%, în industria mijloacelor de consum acest coeficient nu a crescut decât dela 0,97 la 1,30 kWh/om-oră lucrată — adică numai cu 34%.

Pe ramuri industriale vedem că indicele de înzestrare a muncii cu energie în primul plan cincinal sovietic (1928—1932) a crescut în siderurgie dela 3,33 la 5,26 kWh/om-oră ; în industria extractivă a petrolului dela 4,98 la 8,45 kWh/om-oră ; în industria chimică dela 2,70 la 4,46, etc.

Tabela 1

Numărul mediu de kWh/om-oră lucrată pentru toţi muncitorii ocupaţi în industrie

Ramurile industriei	Înzestrarea muncii cu energie			Înzestrarea muncii cu energie electrică			Înzestrarea muncii cu energie mecanică		
	1928	1932	1936	1928	1932	1936	1928	1932	1936
Intreaga industrie*) — coeficient în % faţă de 1928 = 100,0	1,30 100,0	1,67 128,4	2,90 223,1	0,69 100,0	1,16 168,0	2,19 317,4	0,61 100,0	0,51 93,6	0,71 116,4
Producţia mijloacelor de producţie — coef. în % faţă de 1928=100,0	1,58 100,0	1,96 124,5	3,69 233,5	0,91 100,0	1,41 155,5	2,86 314,3	0,67 100,0	0,55 82,8	0,83 124,0
Producţia mijloacelor de consum — coef. în % faţă de 1928=100,0	0,97 100,0	1,09 112,3	1,30 134,0	0,43 100,0	0,69 160,56	0,96 232,2	0,54 100,0	0,40 74,0	0,34 63,0
Industria metalurgică prelucrătoare	0,77	0,97	—	0,55	0,84	—	0,22	0,13	—
Industria cărbunelui	1,28	1,34	—	0,79	1,04	—	0,49	0,30	—
Industria extractivă a petrolului	4,98	8,45	—	3,68	6,74	—	1,30	1,71	—
Industria prelucrătoare a petrolului	2,25	5,12	—	1,69	3,89	—	0,56	1,23	—
Industria turbei	0,53	0,83	—	0,38	0,62	—	0,15	0,21	—
Siderurgia	3,33	5,26	—	1,33	2,47	—	2,00	2,79	—
Industria chimică	2,70	4,46	—	2,04	3,71	—	0,66	0,45	—
Industria cimentului	3,59	5,70	—	2,79	5,25	—	0,80	0,45	—
Industria lemnului şi a placajului	0,91	1,42	—	0,25	0,66	—	0,66	0,68	—
Industria hârtiei	4,49	9,64	—	2,31	7,59	—	2,18	2,05	—
Industria textilă	0,96	1,30	—	0,51	0,95	—	0,45	0,35	—
Industria încălţămintei şi a blănurilor	0,58	0,63	—	0,44	0,58	—	0,14	0,05	—
Industria alimentară	1,65	1,72	—	0,37	0,61	—	1,18	1,11	—

*) In 1937 înzestrarea muncii cu energie a atins pe întreaga industrie 3,34 kWh/oră sau 257% faţă de 1928.

Se poate totodată constata că în timp ce coeficientul de înzestrare a muncii cu energie electrică a crescut în toate ramurile industriale, coeficientul de înzestrare a muncii cu energie mecanică a scăzut în unele ramuri industriale (industria petrolieră-extracţie, industria cărbunelui, industria chimică, etc.).

Pentru a folosi cu maximum de eficienţă coeficienţii de înzestrare a muncii cu energie, este necesar ca aceşti coeficienţi să fie calculaţi în întreprindere pe specificul proceselor de producţie, pe ateliere şi pe întreprindere, raportaţi la grupe de lucrători şi la totalul masei muncitorilor.

Pe ramuri industriale, este suficient a calcula aceşti coeficienţi raportaţi la lucrătorii din atelierele productive şi la totalul lucrătorilor.

Problema coeficienţilor de înzestrare a muncii cu energie este strâns legată de problema productivităţii muncii. Interesează în special a se cunoaşte influenţa cantitativă pe care o are creşterea înzestrării muncii cu energie asupra sporirii productivităţii muncii.

După cum se ştie, productivitatea muncii este o mărime care depinde mai mult de factori variabili; unul din aceşti factori este şi înzestrarea muncii cu energie. Pentru a vedea influenţa înzestrării muncii cu energie asupra productivităţii muncii, ar trebui să menţinem constanţi ceilalţi factori şi să variem numai pe acesta. In practică acest lucru este destul de complicat şi deaceea în general va trebui să ne mulţumim a vedea numai influenţele calitative pe care le are creşterea coeficientului de înzestrare a muncii cu energie asupra sporirii productivităţii muncii.

Atunci când judecăm productivitatea muncii a două întreprinderi din aceeaşi ramură industrială, dar având coeficienţi diferiţi de înzestrare a muncii cu energie, nu este just a le compara direct între ele. Ar trebui mai întâi să aducem ambele întreprinderi în condiţiuni similare.

De exemplu, dacă avem 2 întreprinderi A şi A', având coeficientul de înzestrare a muncii cu energie K şi K' şi o productivitate p şi p', vom avea relaţia:

$$\frac{p}{p'} = \frac{K}{K'} \text{ adică } p.K' = p'K \text{ sau } p' = \frac{K'}{K}.$$

Dacă presupunem $K' = 1{,}5\ K$, adică întreprinderea A' are un coeficient de înzestrare a muncii cu energie cu 50% mai mare ca cel al întreprinderii A, vom avea: $p'. = p.1{,}5$ adică şi productivitatea întreprinderii A' va trebui să fie cu 50% mai mare ca cea a întreprinderii A. Aceasta bineînţeles dacă toţi ceilalţi factori de care depinde productivitatea muncii ar fi aceiaşi, lucru care în realitate se întâmplă mai rar. Totuşi acest calcul poate servi ca o indicaţie.

Sarcinile Planului Cincinal în domeniul electrificării şi al sporirii productivităţii muncii impun să se treacă şi la noi în ţară la stabilirea şi urmărirea coeficientului de înzestrare a muncii cu energie.

Bibliografie:

Savinschi V. D.: Curs de statistică industrială. Ed. Stat 1951.

Romanov M.: Statistica industrială.

***): „In ajutorul planificatorului" Nr. 1.

★

ПОКАЗАТЕЛЬ СНАБЖЕНИЯ ТРУДА ЭНЕРГИЕЙ

Резюме

В этой статье рассматривается вопрос о показателях снабжения труда энергией. В социалистическом обществе рост этих показателей является важной директивой для модернизации производственных процессов и облегчения работы трудящихся.

Даются определения показателей снабжения труда энергией, их виды и метод расчета приводятся также примеры. Указывается на достижения, полученные в СССР в этой области, а также и эволюцию этих показателей. В заключение, рассматривается влияние показателей снабжения труда энергией на рост производительности труда.

★

BAZELE TEORIEI CONSTRUCŢIEI UNUI MOTOR MONOFAZAT CU SPIRA SCURTCIRCUITATĂ SCOASĂ PE POL*)

Prof. T. G. SOROKER şi E. M. LOPUHINA
Institutul Energetic „Molotov" din Moscova

In acest articol se studiază fenomenele principale electromagnetice, ecuaţiile şi schemele motorului. Deasemenea se stabileşte formula pentru calculul determinării cuplului de rotaţie.

Motoarele asincrone monofazate cu spira scurtcircuitată scoasă pe pol, au o mare întrebuinţare ca motoare de mică putere de 0,5—25 W, care nu necesită un cuplu de pornire prea mare, de exemplu : motoarele pentru ventilatoare, patefoane, servomotoare, etc. (B. 1).

Schema motorului este reprezentată în fig. 1. In aceeaşi figură, se indică notaţiile folosite în acest articol pentru axe şi înfăşurări : d — axa longitudinală ; q — axa transversală ; 1 — înfăşurarea statorului ; 2 — înfăşurarea rotorului (colivia de veveriţă) ; k — spira scurtcircuitată ; γ — unghiul dintre axa spirei şi axa longitudinală ; α_1 — lăţimea arcului polului ; α_k — lăţimea arcului spirei scurtcircuitate. Prin litera $ş$ este notat shuntul magnetic dintre poli.

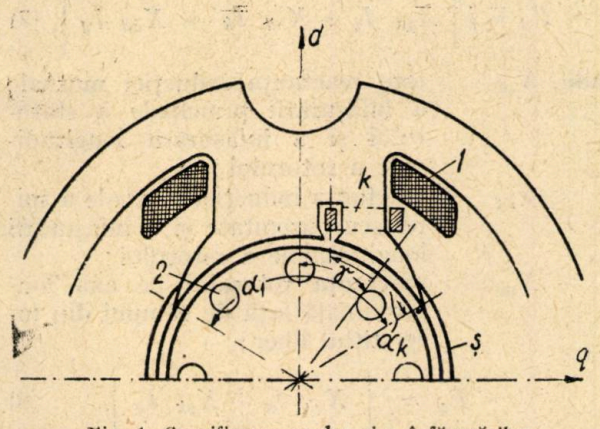


Fig. 1. Specificarea axelor şi a înfăşurărilor.

Prezenţa polilor aparenţi şi a spirei scurtcircuitate scoasă pe poli, care nu se găseşte sub un unghi drept faţă de axa polilor, demonstrează că teoria prin care nu se descriu decât fenomenele principale care se produc în motor, este mai completă decât teoria oricărei alte maşini electrice.

Astfel se explică lipsa aproape totală în bibliografia periodică a lucrărilor, asupra teoriei construcţiei motorului monofazic, cu spira scurtcircuitată. Lucrările lui Trickey, publicate în anii 1936 şi 1947 (B. 2,3), nu sunt complete.

Trikey a încercat să simplifice calculele matematice, aşezând unghiul între axa spirei şi axa restului sectorului polului sub 90°, limitând astfel integritatea formulelor obţinute. Cu toate acestea, formulele de calcul ale lui Trickey, sunt foarte greoaie şi neaplicabile în practică.

Deci formulele pe care se bazează calculul propus de Trickey nu corespund cu datele experimentale.

Teoria expusă mai jos, pentru construcţia motorului monofazat cu spira scurtcircuitată, are ca scop examinarea fenomenelor electromagnetice principale care se produc în motor, precum şi stabilirea formulei de calcul pentru determinarea cuplului de rotaţie a motorului prin parametrii acestuia. De aceea, în cazul de faţă nu se studiază influenţa armonicilor superioare ale câmpului magnetic, a pierderilor în oţel, etc asupra cuplului de rotaţie.

Formulele de calcul detaliate folosite pentru a determina diverşi parametri, precum şi pentru a compara valorile de calcul şi cele experimentale ale acestor parametri şi ale cuplurilor de pornire determinate, sunt expuse într'o altă lucrare.

Ipotezele principale de simplificare. La deducerea ecuaţiilor principale ale motorului cu spira scurtcircuitată s'au pus următoarele ipoteze de simplificare :

1. Nu se ţine seama de pierderile în oţel ale statorului şi a rotorului motorului. La calculul de control, pierderile de oţel pot fi evaluate prin introducerea „curentului pierderilor în oţel" care corespund după fază cu tensiunea la cleme.

2. Reactivităţile tuturor înfăşurărilor, condiţionate atât de fluxul magnetic din interstiţiu, cât şi de câmpurile de dispersiune s'au luat independent de poziţia rotorului. In mod practic, maşinile se execută întotdeauna cu ancoşele rotorului având o tăietură oblică.

3. Reactivităţile tuturor înfăşurărilor, condiţionate atât de fluxul de interstiţiu cât şi de câmpurile de dispersie, s'au considerat independente de valorile curenţilor. Această ipoteză este destul de justă (precisă) şi se poate aplica tuturor reactivităţilor, cu excepţia acelora care sunt legate de fluxurile magnetice, care se închid în întregime în oţel, cum sunt de exemplu reactivităţile inducţiei mutuale dintre înfăşurarea principală şi spira scurtcircuitată, care corespunde fluxului magnetic de shunt, sau reactivităţii de dispersiune a ancoşelor închise ale rotorului.

In astfel de cazuri reactivităţile trebue determinate prin metoda apropierii succesive : ele se iau mai întâi cu aproximaţie, iar apoi se procedează la precizarea lor în urma determinării curenţilor.

*) Din Electricestvo, 7 (1951).

4. Nu se ţine seama de forţa electromotoare şi de curenţii conduşi în rotor, prin intermediul armonicilor spaţiale ale fluxului din interstiţiu. Această prezumţie permite ca la cercetarea inducţiei înfăşurărilor statorului şi a rotorului să se limiteze numai la examinarea armonicii principale a câmpului din interstiţiu creat prin înfăşurările concentrate ale statorului.

Ecuaţiile pentru rotor în sistemele f.b. şi d.q. Se va studia procesul de rotaţie stabilit al motorului cu viteza n, exprimată prin unităţi relative : $n = 1-s$ (s—glisarea). Având în vedere că circuitele electrice şi magnetice ale statorului sunt asimetrice, este mai bine să ne folosim de sistemul câmpului longitudinal şi transversal fix faţă de polii aparenţi ai statorului, adică de sistemul d,q. Pe de altă parte, ecuaţiile care leagă curenţii şi forţa electromotrice din rotor, precum şi ecuaţiile pentru cuplul de rotaţie, se obţin foarte simplu prin folosirea sistemului câmpului drept şi invers, adică a sistemului f, b (L. 4). Deaceea este recomandabil să se stabilească cuplajele principale pentru rotor în sistemul f, b, şi apoi să fie transformate pentru a fi adaptate la sistemul d, q.

Pentru simplificare se poate socoti că parametrii rotorului care intră în ecuaţii se referă la înfăşurarea simetrică bifazică a rotorului, cu care ocazie numărul de spire în fiecare fază să fie egal cu numărul de spire din înfăşurarea statorului. Notând cu E_f şi E_b curenţii cu secvenţă directă şi inversă în rotor, aduşi la înfăşurarea fixă a f.e.m. cu secvenţa directă şi inversă, induşi în înfăşurarea bifazică a rotorului cu ajutorul fluxurilor cu secvenţa directă şi inversă în interstiţiul liber, I şi I_b se va obţine :

$$E_f = Z_f \; I_f, \; E_b = Z_b \; I_b \qquad (1)$$

unde Z_f, Z_b este impedanţa rotorului cu secvenţa directă şi inversă pentru înfăşurarea fixă bifazică a rotorului ;

$$Z_f = j\,X_{2s} + \frac{R_2}{s} = j\;X_{2s} = \frac{R_2}{1-n}$$

$$Z_b = jX_{2s} + \frac{R_2}{4-s} = jX_{2s} + \frac{R_2}{1+n} \qquad (2)$$

în care : X_{2s} — reactanţa dispersiei înfăşurării rotorului ;

R_2 — rezistenţa ohmică a înfăşurării rotorului.

Cuplul de rotaţie, desfăşurat de rotor, se obţine ca diferenţă între cuplurile cu secvenţă directă şi inversă.

$$M = 2\left[I_f^2 \frac{R_2}{1-n} - I_b^2 \frac{R_2}{1+n} \right] \frac{p}{2\pi f} \left[\vartheta \; j/\mathrm{rad} \right] \qquad (3)$$

p — numărul perechilor de poli ; f — frecvenţa reţelei.

Trecând la sistemul d, q, se va obţine următoarele ecuaţii principale pentru forţa electromotrice şi pentru cuplul de rotaţie (anexa 1)

$$E_d = Z_c \; I_d + j \; R_p \; I_q,$$
$$E_q = - j \; R_p \; I_d + Z_c \; I_q, \qquad (4)$$

unde

$$Z_c = \frac{Z_f + Z_b}{2} = j\,X_{2s} + \frac{R_2}{1-n^2}$$

$$R_p = \frac{Z_f - Z_b}{2} = \frac{R_2\, n}{1-n^2}.$$

Cuplul de rotaţie

$$M = \left[(2 I_d \; I_q \sin (I_d \; I_q)) + \right.$$
$$\left. + (I_d^2 + I_q^2) \; n \right] \frac{R_2}{1-n} \; \frac{P}{2\pi f} \qquad (5)$$

Momentul de pornire ($n = 0$) se determină prin formula :

$$M_0 = 2 I_d \; I_q \sin (I_d \; I_q) \frac{R_2 p}{2\pi f}. \qquad (6)$$

Sistemul ecuaţiilor principale. Ecuaţiile principale ale motorului monofazat cu spira scurtcircuitată trebue să lege între ele curenţii din cele patru înfăşurări (fig. 1) şi anume cei din înfăşurarea principală a statorului 1, curentul I_1 ; din spira scurtcircuitată k, curentul I_k din înfăşurarea transversală a rotorului q, curentul I_q .

Numărul de spire al tuturor înfăşurărilor se consideră adus la numărul de spire al înfăşurării I.

Pentru a scrie ecuaţiile înfăşurărilor d şi q, este necesar să se exprime f.e.m. E_d şi E_q din ecuaţiile (4) prin curenţii I_1, I_k, I_d I_q :

$$- E_d = j \left[X_{1d} \; I_1 + X_{kd} \; I_k + X_{ad} \; I_d \right], \qquad (7)$$

unde : X_{1d} — este reactanţa inducţiei mutuale a înfăşurării principale a statorului şi a înfăşurării longitudinale a rotorului ;

X_{kd} — reactanţa inducţiei mutuale a spirei scurtcircuitate şi a înfăşurării longitudinale a rotorului ;

X_{ad} — reactanţa rotorului pe axa longitudinală faţă de câmpul din interstiţiul liber ;

$$- E_q = j \left[X_{qk} \; I_k + X_{ak} \; I_q \right], \qquad (8)$$

unde : X_{kq} — reactanţa inducţiei mutuale a spirei scurtcircuitate şi a înfăşurării transversale a rotorului ;

X_{aq} — reactanţa rotorului pe axa transversală faţă de câmpul din interiorul interstiţiului liber.

Exprimând :

$$Z_d = j \; X_{ad} + Z_c = jX_d + R_2 \; \frac{1}{1-n^2},$$

$$Z_q = j \; X_{aq} + Z_c = jX_q + R_2 \; \frac{4}{1-n^2}, \qquad (9)$$

unde Z_d, Z_q — impedanţa rotorului pe axa longitudinală şi transversală, adusă la înfăşurarea fixă, se va obţine din (4), (7) şi (8) :

$$0 = j \; X_{1d} \; I_1 + j \; X_{kd} \; I_k + Z_d I_d + jR_p \; I_q, \qquad (10)$$
$$0 = j \; X_{kq} \; I_k - j \; R_p \; I_d + Z_q \; I_q. \qquad (11)$$

Pentru înfăşurarea statorului au loc următoarele ecuaţii

$$U = Z_1 I_1 + j X_{1k} I_k + j X_{1d} I_d , \quad (12)$$

unde : U — tensiunea înfăşurării principale a statorului ;
Z_1 — impedanţa înfăşurării statorului ;
X_{1k} — reactanţa inducţiei mutuale a înfăşurării principale şi a spirei scurtcircuitate ;

$$0 = j X_{1k} I_1 + Z_k I_k + j X_{kd} I_d + j X_{kq} I_q , \quad (13)$$

Z_k — impedanţa spirei scurtcircuitate.

Pentru calculele de control ecuaţiile (10) şi (13) vor putea fi simplificate prin metoda de raportare a curenţilor, expusă mai jos.

Pentru a face analiza influenţei diverşilor parametri asupra caracteristicilor maşinilor, cum sunt de exemplu rezistenţele ohmice ale spirei scurtcircuitate şi a rotorului, lăţimea arcului spirei scurtcircuitate, este mai comod să se folosească ecuaţiile principale sub o formă neraportată.

Soluţionarea sistemului (10)—(13) se dă în anexa 2. Tot aici se poate vedea că în cazul modificării vitezei n, curentul reţelei I_1 descrie o diagramă circulară, caracteristica pentru toate motoarele asincrone cu parametrii constanţi ai înfăşurării rotorului.

La pornire $n = 0$ şi prin urmare, $R_p = 0$ şi ecuaţiile (10) şi (11) se simplifică :

$$0 = j X_{1d} I_1 + j X_{kd} I_k + Z_{d0} I_d \quad (14)$$

$$0 = j X_{kq} I_k + Z_{q0} I_q . \quad (15)$$

Sistemului (12)—(15) îi corespunde schema

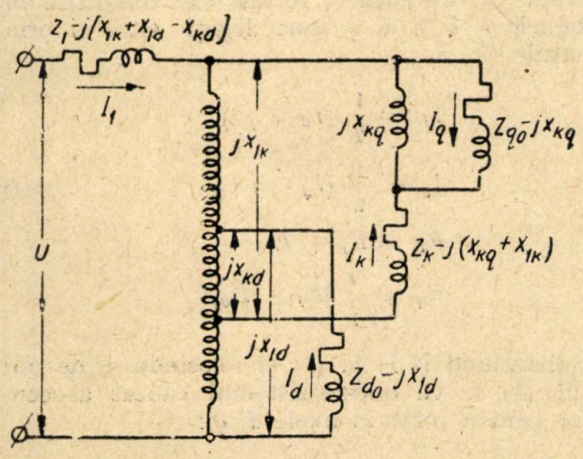


Fig. 2. Schema echivalentă a unui motor fix.

echivalentă din fig. 2. Din ecuaţiile (12)—(15) se obţine pentru curenţii I_d şi I_q :

$$I_d = -U \frac{jX_{1d}\,(Z_{q0} Z_k + X_{kq}^2) - Z_{q0} X_{1k} X_{kd}}{(Z_{d0} Z_1 + X_{1d}^2)(Z_{q0} Z_k + X_{kq}^2) - \\ - jX_{1k} Z_{q0}\,(jX_{1k} Z_{d0} + X_{kd} X_{1d}) - jX_{kd} Z_{q0}\,(jX_{kd} Z_1 + X_{1d} X_{1k}} \quad (16)$$

$$I_q = U \frac{jX_{kq}\,(jX_{1k} Z_{d0} + X_{1d} X_{kd}}{(Z_{d0} Z_1 + X_{1d}^2)(Z_{q0} Z_k + X_{kq}^2) - jX_{1k} Z_{q0}\,(jX_{1k} Z_{d0} + \\ + X_{kd} X_{1d}) - jX_{kd} Z_{q0}\,(jX_{kd} Z_1 + X_{1d} X_{1k})} \quad (17)$$

Ecuaţiile (16) şi (17) pot fi folosite pentru analiza influenţei diverşilor parametri ai înfăşurării şi construcţiei asupra valorii momentului de pornire. Ele permit examinarea influenţei rezistenţelor chimice R_2 şi R_k , a inducţiei mutuale dintre spira scurtcircuitată şi înfăşurarea principală (X_{1k}), a lăţimii arcului spirei scurtcircuitate (α_k) etc.

Majoritatea acestor parametri intră în mod *linear* în numărătorii şi numitorii ecuaţiilor (16) şi (17) ; fapt care poate fi constatat cu uşurinţă. Acest lucru permite construirea diagramelor circulare de modificare a curenţilor I_d şi I_q , în raport cu valoarea parametrului dat, precum şi aflarea domeniului maxim al momentului de pornire. Trebue să se observe că momentul de pornire este reprezentat prin suprafaţa unui triunghi format de vectorii curenţilor I_d I_q (vezi ecuaţia (6)).

Sistemul raportat al ecuaţiilor principale. Calcule numerice ale motorului pot fi simplificate în mare măsură prin alegerea coeficienţilor de raportare pentru curenţii spirei I_k şi a rotorului I_d şi I_q. Coeficienţii de raportare trebue să fie aleşi astfel, încât toate reactanţele mutuale depe axa longitudinală să fie reprezentate prin una şi aceeaşi valoare X_m.

In anexa 3, se expune modul de alegere a valorii X_m. Tot acolo se arată că sistemul (10)—(13) poate fi adus la forma :

$$U = Z_1 I_1 + j X_m I'_k + j X_m I'_d , \quad (18)$$

$$0 = jX_m I_1 + Z'_k I'_k + j X_m I'_d + jX'_{kq} I'_q ; \quad (19)$$

$$0 = jX_m I_1 + j X_m I'_k + Z_d I'_d + j R'_p I'_q . \quad (20)$$

$$0 = j X'_{kq} I'_k - j R'_p I'_d + z'_q I'_q . \quad (21)$$

Sistemul acesta este mai simplu şi mai demonstrativ decât sistemul (10)—(13) fapt care uşurează mult calculele.

Metoda propusă de raportare a curenţilor este comodă în cazul când valoarea $X_m = \frac{X_{1k} X_{1d}}{X_{kd}}$ rămâne nemodificată (anexa 3) ; totuşi ea poate fi întrebuinţată şi la executarea motorului cu shuntul magnetic saturat. In acest caz, valoarea lui X_{1k} este neliniară şi reactanţa X_m trebue să fie calculată pentru fiecare punct în parte.

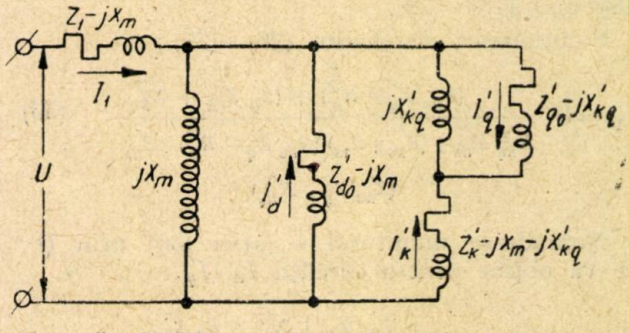


Fig. 3. Schema echivalentă transformată.

La pornire $R'_p = 0$ iar sistemului (18)—(21) îi corespunde schema echivalentă din fig. 3.

Simplificarea ulterioară a sistemului ecuațiilor principale. Sistemul ecuațiilor raportate (18)—(21) obținut în paragraful anterior, poate fi simplificat, folosindu-se aceeași metodă, care a fost propusă de către M. P. Kostenko pentru motoarele asincrone normale și anume prin scoaterea curentului mersului în gol, adică a derivației X_m din fig. 3 (L. 5,6).

Conform acestei metode, curentul primar se împarte la totalul curentului „mersului ideal în gol" I_{1l} și a „curentului de regim" I_{1a}.

Curentul mersului ideal în gol se definește din ecuația (18), cu condiția ca $I'_k = I'_d = 0$:

$$I_{1l} = \frac{U}{Z_1} \tag{22}$$

este evident că,

$$I_{1a} = -(I'_k + I'_d)\frac{jX_m}{Z_1}. \tag{23}$$

Introducând tensiunea raportată

$$U' = Uj\frac{X_m}{Z_1} \tag{24}$$

și curentul de regim raportat

$$I'_{1a} = \frac{Z_1}{jX_m} I_{1a} = -(I'_k + I'_d), \tag{25}$$

se va obține în urma transformării destul de simple, următorul sistem de ecuații :

$$0 = I'_{1a} + I'_k + I'_d, \tag{26}$$

$$-U' = -Z'_{1s} I'_{1a} + Z'_{ks} I'_k + j X'_{kq} I'_q, \tag{27}$$

$$-U' = -Z'_{1s} I_{1a} + Z'_{ds} I'_d + j R'_p I'_q, \tag{28}$$

$$0 = j X'_{kq} I'_k - j R_p I'_d + z'_q I''_q. \tag{29}$$

In aceste ecuații se folosesc următoarele notații :

$$Z'_{1s} = j\frac{X_m}{Z_1}(Z_1 - j X_m), \tag{30}$$

$$Z'_{ks} = Z'_k - j X_m \tag{31}$$

$$Z'_{ds} = Z'_d - j X_m. \tag{32}$$

Sistemul (26)—(29) este mult mai simplu decât sistemul (18)—(29).

Soluționarea sistemului (26)—(29) :

$$I_{1a} = U' \frac{(Z'_{ds} Z'_q - R'^2_p) + (Z'_q Z'_{ks} + X'^2_{kq})}{X'^2_{kq} Z'_{ds} + (Z'_{ks} + Z'_{1s})(Z'_{ds} Z'_q - R'^2_p) + Z'_{1s}(Z'_{ks} Z'_q + X'^2_{kq})} \tag{33}$$

Notându-se numitorul ecuației (36) prin Q', se va obține pentru curenții I'_d, I'_q

$$I'_d = -U' \frac{Z'_{ks} Z'_q + X'^2_{kq} - R'_p X'_{kq}}{Q'} \tag{34}$$

$$I'_q = U' \frac{j\left[X'_{kq} Z'_{ds} - R'_p Z'_{ks}\right]}{Q'}. \tag{35}$$

Pentru regimul de pornire se obțin ecuațiile relativ simple :

$$L'_{1a0} = \frac{U' Z'_{ds} Z'_q + (Z'_q Z'_{ks} + X'^2_{kq})}{(Z'_{ds} + Z'_{1s})(Z'_q Z'_{ks} + X'^2_{kq}) + Z'_{1s} Z'_{ds} Z'_q} \tag{36}$$

$$I'_{d0} = -U' \frac{Z'_q Z'_{ks} + X'_{kq}}{Q'}, \tag{37}$$

$$I'_{q0} = U' \frac{jX'_{kq} Z'_{ds}}{Q_0}. \tag{38}$$

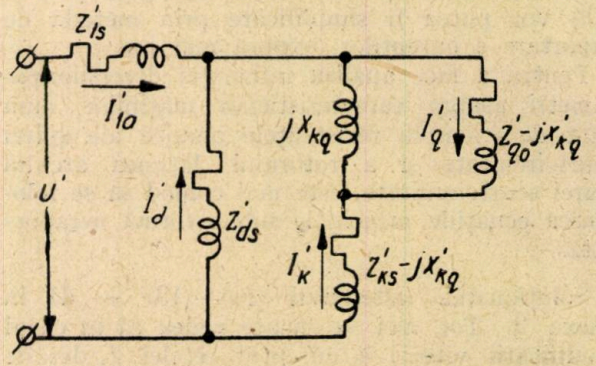


Fig. 4. Schema echivalentă redusă.

La regimul de pornire, ecuațiilor (26)—(29) le corespunde schema echivalentă din fig. 4. Schema și ecuațiile corespunzătoare (26)—(29) sunt relativ simple și pot fi utilizate practic pentru calculul cuplului motorului și pentru determinarea caracteristicilor lui.

Anexa 1. Curenții și forțele electromotrice în sistemele f, b și d, q sunt legați între ei prin ecuațiile (L. 4)

$$\begin{aligned} I_f &= \frac{1}{2}(I_d + jI_q) \\ I_b &= \frac{1}{2}(I_d - j I_q), \\ E_d &= E_f + E_b, \\ E_q &+ \frac{1}{j}[E_f - E_b]. \end{aligned} \tag{1,1}$$

Substituind (1,1) la (1) și folosindu-se de notațiile (4), se va obține sistemul căutat al ecuțiilor pentru rotor în axele d, q :

$$E_d = \frac{Z_f + Z_b}{2} I_d + j\frac{Z_f - Z_b}{2} I_q = Z_c I_d + j R_p I_q,$$

$$E_q = j\frac{Z_f - Z_b}{2} I_d + \frac{Z_f + Z_b}{2} I_q =$$

$$= jR_p I_d + Z_c I_q.$$

Pentru deducerea ecuației cuplurilor se prezintă formula (3) sub forma următoare :

$$M = 2\left[I_f \hat{I}_f \frac{R_2}{1-n} - I_b \hat{I}_b \frac{R_2}{1+n}\right]\frac{p}{2\pi f} \tag{1,2}$$

$\hat{I}_f$, $\hat{I}_b$ — valorile conjugate cu I_f, I_b.

Substituind aici curenţii din (1,1), se obţine:

$$M = \left\{ j\,[I_q \hat{I}_d - I_d \hat{I}_q]\,\frac{R_2}{1-n^2} + \right.$$

$$\left. +[I_d \hat{I}_d + I_q \hat{I}_q]\,\frac{R_2 n}{1-n^2} \right\} \frac{p}{2\pi f},$$

cărora îi corespunde exprimarea (6)

Anexa 2. Soluţionarea sistemului de ecuaţii (10)—(13):

$$I_1 = U\,\frac{Z_k\,(Z_d Z_q - R_p^2) + Z_d\,X_{kq}^2 + Z_q + X_{kd}^2}{(Z_d Z_q - R_p^2)\,(Z_1 Z_k + X_{1k}^2) + X_{kq}^2\,(Z_1 Z_d + X_{1d}^2) +}$$

$$+ Z_q\,(Z_1 X_{kd}^2 + Z_k Z_{1d}^2 - 2\,jX_{1k}\,X_{kd}\,X_{1d}) \qquad (2,1)$$

Se notează că

$$Z_d Z_q - R_p^2 = -X_d X_q + [R_2 + j\,(X_d + X_q)]\frac{R_2}{1-n^2}.$$

De aici reiese clar că curentul I este funcţia fracţională lineară a argumentului $\frac{R_2}{1-n^2}$ şi, prin urmare, la modificare, n descrie arcul circumferinţei, adică o diagramă circulară. Indicând numitorul (2,1) prin Q, se va nota expresiile pentru restul curenţilor:

$$I_1 = U\,\frac{Z_k\,(Z_d Z_q - R_p^2) + Z_d X_{kq}^2 + Z_q X_{kd}^2}{(Z_d Z_q - R_p^2)\,(Z_1 Z_k + X_{1k}^2) + X_{1q}^2\,(Z_1 Z_d +}$$

$$+ X_{1d}^2) + Z_q\,(Z_1 X_{kd}^2 + Z_k Z_{1d}^2 - 2\,jX_{1k}\,X_{kd}\,X_{1d}) \qquad (2,1)$$

$$I_k = U\,\frac{-jX_{1k}\,(Z_d Z_q - R_p^2) - X_1^d\,(Z_q X_{kd} + jR_p X_{kq})}{Q} \qquad (2,2)$$

$$I_d = U\frac{-Z_q\,(jX_{1d} Z_k X_{1k} X_{kd}) + jX_{kq}\,(R_p X_{1k} - X_{kq} X_{1d})}{Q}, \qquad (2,3)$$

$$I_q = U\frac{-jR_p\,(jX_{1d} Z_k + X_{1k} X_{kd}) + jX_{kq}\,(jX_{1k} Z_d + X_{kd} X_{1d}')}{Q}$$

$$(2,4)$$

Anexa 3. Pentru simplificarea ecuaţiilor (10)—(15) este necesar să se stabilească astfel de coeficienţi de raportare pentru curenţii I_k şi I_d, încât toate reactanţele mutuale de pe axa longitudinală să fie reprezentate prin una şi aceeaşi valoare.

Se notează această reactanţă generală mutuală încă nedefinită, prin X_m. Din ecuaţia (12), se determină dintr'odată coeficienţii de raportare pentru curenţii I_k, I_d şi prin urmare I_q (deoarece este evident că pentru curenţii rotorului I_d şi I_q, este necesar unul şi acelaşi coeficient de raportare).

$$I_k = I_k'\,\frac{X_m}{X_{1k}} \qquad (3,1)$$

$$I_d = I_d'\,\frac{X_m}{X_{1d}};\; I_q = I_q'\,\frac{X_m}{X_{1d}}. \qquad (3,2)$$

In locul ecuaţiei (12) se obţine:

$$U = Z_1 I_1 + j\,X_m\,(I_k' + I_d'). \qquad (3,3)$$

Inmulţind ecuaţia (13) cu $\frac{X_m}{X_{1k}}$ ecuaţiile (10) şi (11) cu $\frac{X_m}{X_{1d}}$ şi substituind (3,1) şi (3,2), se obţine:

$$0 = j\,X_m\,I_1 + Z_k\left(\frac{X_m}{X_{1k}}\right)^2 I_k + \frac{X_m^2}{X_{1k}\,X_{1d}}\,I\,X_{kd}\,I_d' +$$

$$+ j\,X_{kq}\,\frac{X_m^2\,i_q'}{X_{1k}\,X_{1d}} \qquad (3,4)$$

$$0 = jX_m\,I_1 + \frac{X_m^2}{X_{1k}\,X_{1d}}\,jX_{kd}\,I_k' +$$

$$+ Z_d\left(\frac{X_m}{X_{1d}}\right)^2 I_d' + jR_p\left(\frac{X_m}{X_{1d}}\right)^2 I_q', \qquad (3,5)$$

$$0 = jX_{kd}\,\frac{X_m^2}{X_{1k}\,X_{1d}}\,I_k' - jR_p\left(\frac{X_m}{X_{1d}}\right)^2 I_d' +$$

$$+ Z_q\left(\frac{X_m}{X_{1d}}\right)^2 I_q', \qquad (3,6)$$

Deci este clar că X_m trebue ales în aşa fel, ca

$$\frac{X_m^2}{X_{1k}\,X_{1d}} X_{kd} = X_m,$$

de unde

$$X_m\,\frac{X_{1k}\,X_{1d}}{X_{kd}}. \qquad (3,7)$$

De aici se găsesc expresiile pentru curenţii şi rezistenţele raportate:

$$I_k' = I_k\,\frac{X_{kd}}{X_{1d}}; \qquad (3,8)$$

$$I_d' = I_d\,\frac{X_{kd}}{X_{1k}},\; I_q' = I_q\,\frac{X_{kd}}{X_{1k}} \qquad (3,9)$$

$$Z_k' = Z_k\left(\frac{X_{1d}}{X_{kd}}\right)^2 \qquad (3,10)$$

$$Z_d' = Z_d\left(\frac{X_{1k}}{X_{kd}}\right)^2;\; Z_q' = Z_q\left(\frac{X_{1k}}{X_{kd}}\right)^2;\; R' = R_p\left(\frac{X_{1k}}{X_{kd}}\right)^2,$$

$$X_{kq}' = X_{kq}\,\frac{X_m}{X_{kd}}. \qquad (3,11)$$

Substituind (3,7)—(3,12) la (3,4)—(3,6), se va ajunge la sistemul de ecuaţii (18)—(21), care este redat în text.

Bibliografie:

1. *Dekabrun L. L.*: Comanda motorului monofazat cu polul ecranizat în aparatele de control automat. Automatica şi telemecanica, pag. 290 ≃ 298, Nr. 4, 1949.
2. *Trickey R.*: Studiul motorului cu polul ecranizat. El. Eng. pag. 1007—1014, vol. 5, 1936.
3. *Trickey R.*: Calculul caracteristicilor motorului cu polul ecranizat. El. Eng. pag. 1431, vol. 66, 1947.
4. *Iosifian A. G.*: Despre transformările lineare ale curenţilor maşinilor electrice. Buletinul VEI — Institutul Energetic Superior — pag. 13—18. Nr. 8, 1940.
5. *Kastenko M. P.*: Diagrama circulară şi schema echivalentă coresp. a unei maşini asincrone. Electrotehniki 4 (1930).
6. *Soroker T. G.*: Calculul caracteristicilor motorului asincron. Buletinul VEI — Institutul Energetic Superior — pag. 27—32, Nr. 6, 1941.

NOTE • RECENZII

PROSCIN E. A.: *Particularităţile montajului cablelor electrice unifilare plumbuite de înaltă tensiune până la* 10 kV, *având izolaţii de cauciuc cu straturi semiconductoare de cauciuc.* Promâşlenaia energhetica, 12 (1951), 4—9.

Cable plumbuite cu izolaţii de cauciuc au fost fabricate în epoca antebelică în U.R.S.S., numai pentru tensiuni până la 3 kV.

In perioada postbelică, fabricile sovietice au isbutit să fabrice cable plumbuite cu izolaţii de cauciuc pentru tensiuni până la 10 kV de tip unifilar. Particularitatea acestor cable de construcţie nouă constă în prezenţa a două straturi subţiri (ecrane) de cauciuc semiconductor grafitat. Un strat (cel interior) se depune direct pe conductorul gol, celălalt (cel exterior) se depune deasupra cauciucului izolant, direct sub învelişul plumbuit al cablului.

Cercetările făcute în privinţa stabilirii celui mai adecvat procedeu de montaj la folosirea cablelor arătate, permit următoarele concluzii:

1. La efectuarea grupării firelor cablului, urmează a se înlătura şi cauciucul semiconductor pe aceeaşi lungime cu învelişul plumbuit.

2. Lungimea grupajului firelor nu va fi mai mică de cifrele indicate în tabelul alăturat.

3. In încăperi umede şi accesibile prafului, izolarea sigură a cablelor necesită izolaţii rezistente la ozon ale grupajului firelor sau protejarea lor împotriva sedimentelor de praf.

4. Intr'un mediu supus acţiunii umidităţii, se recomandă acoperirea suprafeţei grupajului firelor cu o substanţă care împiedică sedimentarea umidităţii, de pildă parafină.

5. Montajul cablelor de tip arătat nu necesită o curăţenie excepţională în muncă faţă de cable simple.

6. Acoperirea suprafeţei grupajelor de fire cu lac PA—1 apără izolaţia lor împotriva acţiunii umidităţii.

7. Incercarea cablelor de tensiune ridicată nu se va face pe calea ridicării gradate a tensiunii de încercare dela 0 până la valoarea maximă, ci pe calea recordării bruşte a cablului dela început la plină tensiune a curentului alternativ.

8. Tipuri speciale de ecrane se vor aplica numai la montajul cablelor la o tensiune de 10 kV.

BARANOV P.: *Recepţia la distanţă a emisiunilor de televiziune.* Radio, 12 (1951), 44—45.

Recepţia emisiunilor de televiziune la distanţe de 100—200 km este de mare actualitate.

Autorul descrie experienţele făcute de el pentru a cerceta posibilităţile unei recepţii de televiziune la distanţe mai mari.

In scopul realizării unui efect direcţional mai ridicat, s'a aplicat o antenă complicată, constând din 5 elemente. Această antenă dă un câştig de putere de 10 ori în comparaţie cu vibratorul în semiundă.

La recepţii pe distanţe mari, este raţional a se ridica antena cât se poate de sus deasupra acoperişului clădirii unde este montată.

In cursul experienţelor, s'au realizat recepţii bune pe distanţe de 100 km. La distanţe mai mari, semnalele imaginilor au fost recepţionate, dar nivelul oscilaţiilor n'a asigurat mereu o sincronizare stabilă.

SABININ R.: *Termogalvanometrul.* Radio, 10 (1951), 55.

Aparatele termoelectrice se întrebuinţează mai cu seamă la măsurarea curenţilor alternativi mici de frecvenţă industrială şi înaltă. Avantajiile lor principale constau în următoarele: inductanţă şi capacitate infimă, consum minim de forţă, posibilitatea unei etalonări la curent continuu. Desavantajiile sunt: sensibilitate faţă de supraîncărcare şi dependenţa indicaţiei de temperatura mediului ambiant. La schimbarea temperaturii cu 10 °C, sensibilitatea se modifică dela 1 la 2,5%.

Termogalvanometrul reprezintă un aparat sensibil de sistem magneto-electric, care funcţionează concomitent cu termocuplul şi preîncălzitorul lui. Curentul de măsurat, trecând prin preîncălzitor, ridică temperatura din sudura termocuplului. Forţa electromotoare termică a termocuplului creează curent continuu în circuitul termogalvanometrului. Mărimea forţei electromotoare termice, şi prin urmare a curentului termic, este proporţională cu diferenţa temperaturii între sudură şi capetele „reci" ale termocuplului.

Sensibilitatea aparatului este condiţionată de alegerea termocuplului, rezistenţa preîncălzitorului şi sensibilitatea galvanometrului.

In tabela din articol, se indică datele celor mai răspândite cuple de metale aplicate pentru convertisoare termice.

Preîncălzitorul se confecţionează deobicei, din fier sau platină şi reprezintă un fir subţire, plasat în imediata apropiere a sudurii termocuplului sau lipit chiar de el. In scopul stabilizării regimului termic, convertisorul va fi aşezat într'o cutie închisă din material izolant termic sau în vid, ceeace ridică simţitor sensibilitatea.

Gradarea aparatului se poate executa atât la curent continuu, cât şi alternativ.

OSOCIN M. M.: *Despre metodele de normare a consumului de energie electrică pentru prelucrarea metalelor prin tăiere.* Electricestvo, 10 (1951), 73—74.

Stabilirea şi introducerea în întreprinderile de construcţii de maşini a normelor progresive de consum specific de energie electrică pentru prelucrarea metalelor, are o deosebită importanţă pentru reducerea cheltuelilor de producţie.

Metodele de normare existente sunt sau prea puţin exacte sau prea complicate şi deaceea nu au găsit aplicare în industrie.

Din această cauză, modul de a determina normele specifice, pe baza datelor statistice, au căpătat o întrebuinţare tot mai mare. Una din problemele principale în normarea justă, este alegerea unităţii de producţie, la care unitate se raportează norma specifică. La calculul normei, trebue ţinut seama de următoarele elemente componente: *a*) consumul util necesar prelucrării detaliilor (pieselor), *b*) pierderile de energie pentru acţionarea electrică (maşina unealtă, transmisie, motor), *c*) consumul de energie în regimurile nestabile (demarare şi frânare), *d*) consumul de energie pentru operaţiunile auxiliare electrificate.

In cazurile când nomenclatura pieselor confecţionate într'un atelier mecanic este diferită şi nestabilă, întrebuinţarea metodelor de calcul pentru normare devine practic imposibilă.

In aceste cazuri, pentru stabilirea normei pe piesă, este necesar ca în prealabil să se stabilească normarea consumului specific de energie electrică pentru maşina unealtă-oră.

Autorul ajunge la concluzia că elaborarea unei metode cât mai simple pentru normarea consumului de energie electrică necesară prelucrării metalelor prin tăiere, trebue considerată în momentul de faţă ca încă nerezolvată.

NEGNEVIŢKII I. B.: *Curbele de magnetizare simultană prin câmpuri magnetice continui şi variabile ale amplificatorului magnetic cu legătură inversă.* Electricestvo, 10 (1951), 66—72.

Calculul amplificatorilor magnetici cu bobină şi cu transformator fără legătură inversă, poate fi executat prin metoda grafo-analitică, folosind pentru acest scop caracteristicile materialului magnetic la magnetizarea simultană prin câmpuri magnetice continue şi variabile.

In articolul de faţă, metoda calculului amplificatorului este descrisă destul de amănunţit. In cazul calculului amplificatorilor magnetici cu legătură inversă, de obicei, la început se face calculul amplificatorului fără legătură inversă şi numai după aceea, grafic, cu ajutorul dreptei de legătură inversă, se determină caracteristica amplificatorului cu legătură inversă.

Autorul recomandă a se construi mai multe caracteristice asemănătoare cu caracteristicile pentru amplificatorul magnetic cu legătură inversă, care permite să se determine în mod direct caracteristica amplificatorului, fără a recurge la determinarea caracteristicii amplificatorului fără legătură inversă.

In articolul de faţă, sunt date mai multe figuri, reprezentând construirea grafică a curbelor de magnetizare simultană a amplificatorului magnetic cu bobină cu legătură inversă şi traectoria punctului de regim la sarcina activă.

Caracteristicile curentului amplificatorului magnetic cu bobină cu legătură inversă şi fără legătură inversă.

Caracteristica curentului releului magnetic cu bobină fără contact şi caracteristica releului magnetic cu bobină, fără contact de tensiune variabilă.

Curbele arată mai clar ce influenţă are variaţia tensiunii de alimentare a frecvenţei şi a sarcinii asupra caracteristicii amplificatorului.

DERŞVARŢ GH. V.: *Modelarea electrodinamică a instalaţiilor electrotermice.* Electricestvo, 10 (1951), 47—50.

Teoria despre asemănarea fizică a căpătat o desvoltare destul de mare în lucrările oamenilor de ştiinţă ruşi.

Ştiinţa despre asemănarea fizică a găsit o largă aplicare în termotehnică, hidro şi aerodinamică.

De notat că această ştiinţă a găsit o aplicare foarte restrânsă în electrotehnică.

Metoda analitică de calcul până în prezent este puţin prelucrată. Unele din aceste calcule sunt aşa de complicate, încât a trebuit să se renunţe la ele.

Majoritatea problemelor care se ivesc în domeniul construcţiei, nu pot găsi o rezolvare matematică.

Teoria asemănării electrodinamice ne dă răspuns la multe probleme, care interesează într'un grad oarecare pe experimentator, spre exemplu:

1) Cum trebue construit şi încercat un model micşorat al aparatului de construit, aşa încât fenomenele electrodinamice ce iau naştere în model şi original, să fie identice; 2) cum trebue prelucrat materialul obţinut la încercarea modelului, pentru ca acest material să fie aplicat şi la original.

Din exemplele date de autor, se vede că modelarea electrodinamică este un aparat experimental de mare importanţă, cu ajutorul căruia putem rezolva probleme complexe, care nu pot fi rezolvate prin calcul.

De menţionat că se pot modela şi aparate, care posedă elemente constructive nelineare.

In cuprinsul articolului, pe un exemplu concret, autorul descrie modelarea instalaţiilor de încălzire prin inducţie, în special a cuptoarelor prin inducţie.

La alegerea frecvenţei pentru modelul executat, autorul recomandă să se ia frecvenţa de 2500 Hz, întrebuinţată pentru generatori fabricaţi în U.R.S.S.

Pe de altă parte, reducerea dimensiunilor lineare de 7 ori face ca modelul să fie destul de ieftin.

Cunoscând rezistenţa chimică şi reactanţa modelului, se pot găsi dimensiunile corespunzătoare ale originalului, aplicând formula 35 din text.

NECEAEV GH. K.: *Compensarea de temperatură a diferitelor elemente din circuitele electrice.* Electricestvo, 10 (1951), 55—58.

Multe instalaţii electrice funcţionează la temperaturi care variază în limite destul de largi. Această variaţie este datorită oscilaţiilor de temperatură în mediul ambiant şi de încălzire a mecanismelor de către curentul electric, care străbate elemente diferite ale sistemului. Variaţia temperaturii în diferite elemente ale sistemului, fie rezistenţă chimică, redresoare semiconducătoare de electricitate sau inductanţă cu oţel, produc variaţia parametrilor lor şi are ca rezultat o funcţionare anormală a instalaţiilor.

Combaterea influenţelor de temperatură asupra funcţionării instalaţiilor electrice se poate face prin mai multe metode şi anume: 1) plasarea instalaţiilor în termostat, 2) încălzirea diferitelor elemente ale instalaţiei, 3) compensarea de temperatură a diferitelor elemente. Prima metodă, din cauză că este prea complicată şi prea scumpă, se întrebuinţează numai în cazuri cu totul speciale. A doua metodă se întrebuinţează câteodată la instalaţiile care funcţionează într'un regim de joasă temperatură.

Compensarea de temperatură a elementelor circuitului electric se realizează cu ajutorul rezistenţelor, fabricate din material semiconducător de electricitate şi poate fi aplicată în cazul temperaturilor joase şi medii.

In majoritatea cazurilor, pe tehnicieni îi interesează compensatorul cu rezistenţa minimală.

In diferite domenii ale electricităţii şi electrotehnicii, redresorii semiconductori de electricitate au o mare întrebuinţare.

Tensiunea de plecare la asemenea redresori depinde în mare parte de temperatura lor.

Rezistenţa lor interioară, adică a redresorilor, scade cu creşterea temperaturii, ceeace produce variaţia tensiunii în punctul de plecare a curentului.

CUZNEŢOV Z.: *Inlocuirea şinelor de deslegare din televizorul KVN—49.* Radio, 10 (1951), 44—45.

Lichidarea reacţiilor parazitare provenite din surse generale de alimentare se face la televizorul KVN—49 prin aplicarea în circuitele de filament a unor site-ecran, iar în circuitele anodice a unor şine de deslegare care reprezintă condensatoare cu capacitate distribuită pe şasiu.

Aplicarea şinelor de deslegare provoacă deseori perforarea şinelor anodice sau ecranate, rezultând întreruperea recepţionării imaginilor şi sunetelor.

Repararea şinei defecte este foarte anevoioasă. De obicei şasiul televizorului trebue să fie demontat din cutie.

Autorul a elaborat un procedeu simplu pentru înlocuirea şinei defecte printr'un alt dispozitiv de deslegare, constând dintr'o inductanţă şi capacitate. Acest procedeu nu necesită despărţirea şinei şi scoaterea şasiului din cutie, ajungând demontarea capacului din fundul cutiei şi deplasarea conductorilor care transmit înaltă tensiune.

Aplicându-se dispozitivul arătat, televizorul KVN—49 funcţionează tot atât de sigur ca la existenţa şinelor de deslegare. Dacă amplificatorul se va autoexcita, trebue să fie mărită capacitatea condensatoarelor de blocare.

Dispozitivul de deslegare poate fi întrebuinţat şi la alte tipuri de televizoare, care funcţionează cu receptoare de amplificare directă.

STUDENŢOV V. N.: *Despre un defect al reostatului de pornire.* Promâşlenaia Energhetica, 10 (1951), 13.

Reostatul de demarare de tip PM—16540, folosit la un electromotor de 80 kW, 750 ture/min, s'a defectat după un timp scurt de exploatare.

Verificarea cu ajutorul megametrului a arătat existenţa unei rupturi la circuitul etajului terminal, iar prin revizuirea reostatului scos din cutie, s'a constatat că lamelele elementelor s'au ars. Lamelele au fost ştanţate din foi subţiri în forma de melc. Capetele tăieturilor au fost dreptunghiulare. In urma acţionării curentului asupra lamelelor, au rămas urme în formă de zone de acţiune, permiţând descoperirea cauzelor defectului.

In atelierul electric al fabricii, s'a redat forma necesară lamelelor expuse încărcării celei mai mari, prevenindu-se repetarea arderii lor.

In ciuda slăbirii neînsemnate, secţiunea a rămas suficientă după pilire.

MIHAILOV E. K.: *Divizor compus dintr'o bobină de şoc pentru măsurarea curenţilor continui de mare amperaj şi a rezistenţelor mici.* Electricestvo, 8 (1951), 69—71.

Pentru măsurarea curenţilor continui industriali de mare amperaj, se întrebuinţează aparate cu schunt.

In ultimul timp, a început a se întrebuinţa, pe o scară întinsă, transformatori pentru măsurarea de curent continuu.

Erorile aparatelor cu schunt sunt dela 2% până la 5%, iar erorile transformatorilor pentru măsurarea de curent continuu sunt, de obicei, de 1% şi în cele mai bune cazuri ajung la 0,5%.

Totuşi, aceste erori nu sunt admise faţă de cerinţele pe care le pretinde industria dela aparatele pentru măsurarea curenţilor continui.

Din punctul de vedere al cerinţelor industriilor şi a tehnicii moderne de măsurat, erorile aparatelor de măsurare a curenţilor continui, de amperaj mare, trebue să se cuprindă între 0,2%—0,5%.

Studiul teoriei bobinelor de reacţie magnetizate suplimentar cu curent continuu, a condus la:

întrebuinţarea aparatelor pentru măsurarea curenţilor continui de amperaj mare;

verificarea shunturilor;

verificarea transformatorilor de curent continuu cu o excitaţie de 0,2%—0,5%.

In articolul de faţă, autorul descrie detaliat o construcţie nouă a aparatului pentru măsurarea curentului continuu de amperaj mare.

Măsurarea unui asemenea curent se reduce la măsurarea unui curent suplimentar, mult mai mic.

Deasemenea, autorul ne dă rezultatele pe care le-a obţinut în cursul experienţelor făcute cu acest aparat.

In cazul unei sensibilităţi foarte mari a divizorului de curent al bobinei de reacţie, este foarte greu a se obţine echilibrul divizorului de curent, din cauza variaţiei rezistenţelor de contact şi valoarea sarcinilor termice de încărcare.

În montajul divizorului de curent al bobinei de şoc, fiecare jumătate a amplificatorului diferenţial este compusă din două miezuri inelare cu o ferestruică care să permită trecerea barei, iar prin aceasta trece un curent de mare intensitate.

Aparatul asigură măsurarea curenţilor de amperaj mare dela 100 până la 15 000 A, cu o eroare de 0,1%.

RIZCHIN A. A.: *Despre notaţiile în egalităţile din calculul cu amplitudini complexe şi cel operaţional. Asupra notaţiilor simbolice.* Electricestvo, 8 (1951), 85—87.

Metoda notaţiilor simbolice şi operaţionale au o întrebuinţare foarte mare în electrotehnică.

Cu toate acestea, nu s'a stabilit nici până astăzi, un procedeu definitiv de expunere şi un sistem unic de notaţii — în acest domeniu — din care cauză se întâmplă dese greşeli, în practica notaţiilor.

Autorul ne dă şi un exemplu de greşeli în notaţii, prin care se constată că — spre a se evita neînţelegerile şi pentru a se ajunge la o preciziune metodică în cazul expunerilor bazelor simbolice ale metodei, este practic a se întrebuinţa diferite notaţii pentru reprezentarea vectorilor mobili şi imobili.

Deasemenea, este necesar a se introduce semnul egalităţii simbolice, aşa cum s'a introdus semnul egalităţii operaţionale în metoda operaţională.

Aceasta este necesar pentru a se da posibilitatea ca — prin aceste egalităţi convenţionale — să arătăm legătura ce există între o funcţie materială şi reprezentarea ei simbolică.

Problema precizării şi întrebuinţării corecte a notaţiilor simbolice devine de o actualitate tot mai mare, prin faptul că aplicarea metodelor simbolice la rezolvarea problemelor matematice, în electrotehnică şi în domeniile apropiate electrotehnicii şi tehnicii ca atare, devine tot mai mare.

Trebue să amintim că şi în domeniul calculului operaţional, problema notaţiilor lasă mult de dorit.

Dealtfel, şi astăzi în practică, nu se aplică diferitele notaţii pentru valori diferite una de alta, dacă asemenea notaţii nu dau loc la confuzii.

În cazul când în una şi aceeaşi expresie, se întâlnesc reprezentări originale şi operative ale funcţiei, este practic a se nota reprezentarea funcţiei cu acelaş simbol ca şi funcţia originală dar cu o limită deasupra simbolului.

Istoria matematicii, fizicii, electrotehnicii şi a altor domenii ale ştiinţei arată ce rol mare are o alegere potrivită a sistemului de notaţie în înlesnirea rezolvării multor probleme.

GORDIENCO V. I.: *Numerotarea suporţilor şi vopsirea fazelor liniilor de transport de energie electrică.* Electriceschie Stanţii, 4, (1951), 59.

Pentru fabricarea numerelor susţinătorilor liniilor de transmisie de energie electrică, precum şi pentru indicarea fazelor, se cheltueşte o mare cantitate de tablă şi vopsea.

După cum a arătat experienţa, după 2—3 ani de exploatare, tabla din care sunt făcute numerele se oxidează şi este necesară înlocuirea ei.

In raionul Donbas, E. M. Korobiev a propus fabricarea numerelor din balot, care nu mai poate fi utilizat.

Numerele sunt sudate de un cadru metalic şi apoi sunt aplicate pe susţinători.

Modelul unui astfel de număr este dat în articol.

CUZMICI P. P.: *Practica utilizării defectoscopului pentru căutarea izolatorilor defecţi de pe linie.* Electriceschie Stanţii, 4 (1951), 58—59.

In 1949, a fost introdusă metoda descoperirii defectelor izolatorilor liniilor de transmitere de energie electrică, cu ajutorul defectoscopului.

Din compararea rezultatelor obţinute prin această metodă, cu rezultatele obţinute prin alte metode existente, s'a observat o mult mai bună eficacitate de descoperire a defectelor cu ajutorul defectoscopului.

Autorul trage următoarele concluzii:

1. Aplicarea defectoscopului în acest domeniu permite o mult mai uşoară descoperire a defectelor izolatorilor.
2. Cantitatea defectelor ce nu sunt descoperite este mult mai mică, decât prin utilizarea altor metode existente.
3. Unele neajunsuri ale defectoscopului, pot fi înlăturate pe calea perfecţionării lui, precum şi prin instruirea personalului ce lucrează cu el.

REVISTA REVISTELOR

UZINE ELECTRICE
(Electriceschie stanţii)
4 (1952)

Editorial: Luptătorii fruntaşi pentru progresul tehnic. *N. F. Râşacov*: Reconstrucţia căldărilor cu circulaţie forţată de apă. *V. M. Sâromiatnicov*: Calcu.ul aproximativ al fixării rondelelor la supraîncălzitori cu aburi. *P. I. Varenet, E. C. Sorcinschii*: Reglarea capacităţii pompelor centrifuge cu ajutorul unei vane la intrarea apei. *S. A. Şohat*: Oprirea din funcţionare a unuia din cei doi condensatori ai unei turbine pentru curăţirea lui. *E. P. Subin*: Indicele tehnico-economice ale reţelelor termice proiectate. *A. S. Livov*: Metoda montării conductelor cu bloc. *N. S. Solonov*: Datele suplimentare despre eficacitatea unei reenclanşări automate a liniilor electrice. *A. Ia. Meerson*: Experienţa introducerii metodei ing. Govalev în secţia de cazane a uzinei electrice. *G. F. Bardik, Ia. N. Beilihs*: Aplicarea metodei ing. Kovalev în secţia de cazane. *E. F. Ioffe, V. S. Moschin, A. A. Riazanov, P. G. Fedorov*: Reparaţia rapidă a întrerupătorilor. *B. E. Vdovin*: Viteza uscării în vid a transformatorilor. *I. O. Fildelman*: Experienţa uscării transformatorilor. *M. V. Homiacov*: Problema uscării transformatorilor. *A. M. Râtlin, G. S. Iurovschii*: Uscarea în vid a transformatorilor. *I. A. Sâromiatnicov*: Folosirea reactorilor uscaţi pentru pornirea compensatorilor sincronici. *C. N. Bogoliubschii*: Verificarea rezistenţei lemnului stâlpilor de reazem. Discuţii: Despre barbotajul în deseratorii a apei de alimentare, *M. M. Pik, D. A. Savinschii, B. N. Uhnin, G. P. Sutoţchii, I. T. Deev, V. Z. Podgaevschii, M. I. Circhin, E. V. Halapsina.* Schimb de experienţă de construcţie şi montare. *I. I. Benderschii, L. M. Guhlerner*: Folosirea macaralei în forma de ⌐, cu o capacitate de 25 t, pentru sarcina de 40 t. *Ing. M. Segal*: Alezarea fuselor arborilor rotorilor de turbine şi generatori. *B. A. Cucinschii*: Un agregat mobil pentru betonarea fundaţiilor stâlpilor de reazem. Schimb de experienţă în exploatare. *Iu. F. Cuvaev, V. Ia. Liah* şi *Iu. L. Marşak*: Deformaţia unui preîncălzitor de aer plastic la o cădere ridicată a presiunii de aer şi gaze. *V. C. Eremenco*: Din experienţa exploatării turbinelor. *V. P. Smercinschii*: Deteriorarea transformatorilor de curent. *B. C. Pereţ*: Reparaţia unui turbogenerator cu bandaj de sârmă pe rotor. *S. I. Cazan*: Intărirea consolidării inelului de centrare al rotorului turbogeneratorului. *V. I. Muratova*: Mărirea izolaţiei în rezervorul întrerupătorului BM—35. *A. G. Râss*: Schimbarea raportului de transformare la transformatori. *F. F. Deriughin*: Funcţionarea defectuoasă a protecţiei de impedanţă cu o blocare de înaltă frecvenţă. *N. A. Corj*: Exploatarea izolaţiei unei substaţii deschise de 38 kV supuse unei murdăriri excesive. Cronica. Din Direcţia Tehnică a Ministerului. Introducerea autosincronizării generatorilor şi compensatorilor, ca un mijloc normal de sincronizare. Schemele protecţiei maximale de curent cu un releu seria ET cu o cuplare separată a bobinelor. Critica şi Bibliografia. *L. I. Dvoschin*: Recenzia cărţii „Instalaţii electrice ale uzinelor şi substaţiilor" sub redacţia de A. A. Glazunov.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil impersonal, clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înțelegerii textului. Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9×12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări.
Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon (instituție sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

Abonamentele se fac numai prin
Centrul de Difuzare a Presei:

BUCUREȘTI, STRADA CONSTANTIN MILLE, 14 — Telefon: 5.28.90
PROVINCIE: LA SUCURSALELE DIN REȘEDINȚELE REGIUNILOR ȘI RAIOANELOR

Tarif general: Lei 100 anual

Tehnicieni și ingineri, membrii ai A. S. I. T.: Lei 30 anual

DIN CATALOGUL EDITURII TEHNICE

N. I. BULGACOV: CALCULUL TRANSFORMATORILOR
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 296 pag. lei 16,69

D. P. MOROZOV: PRINCIPIILE DE BAZĂ ALE DISPOZITIVELOR ELECTRICE DE ACŢIONARE
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 372 pag. lei 18,28

B. P. BOGORODIŢCHI, V. V. PASENCOV şi *B. M. TAREEV:* MATERIALE ELECTROTEHNICE
nivel superior
(Traducere din limba rusă) 400 pag. lei 26,86

SUSCHIN: MICROSCOPUL ELECTRONIC
nivel superior
(Traducere din limba rusă) 240 pag. lei 13,00

Prof. A. A. GLAZUNOV: REŢELELE SISTEMELOR ELECTRICE
nivel superior
(Traducere din limba rusă) 540 pag. lei 25,50

N. K. KUSNIŢOV şi A. P. ZLATCOVSCHI: CENTRALE HIDROELECTRICE RURALE
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 412 pag. lei 25,50

G. A. TIAGUNOV: TUBURI ELETRONICE
nivel mediu superior
(Traducere din limba rusă) 360 pag. lei 18,45

Taxa poştală plătită în numerar conform aprobării Nr. 168.026/946.

C. 6.599 — Intreprinderea Poligrafică Nr. 3.

E 1427

KAT

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELLENŐRIZVE
1953

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

8-9

1471

PENTRU UZ INTERN

EDITURA TEHNICĂ

1952

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacție

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Aug.-Sept. 1952 ★ Nr. 8-9 Redacția: București, B-dul 1848 Nr. 12 ★ Tel. 3.07.3(
3.57.2(

SUMARUL

	Pag.
23 August, ziua eliberării Patriei noastre	1
Constituția construirii socialismului	3
Primele mari construcții ale planului de electrificare au intrat în funcțiune	5
T. Tănăsescu, prof. dr. ing.: Transferul energiei electrice	9
I. Constantinescu, prof. ing.: Efectul pelicular în cazul conductoarelor bimetalici	15
M. Proviceanu, ing.: Noui contribuții la calculul electric al rețelelor de tracțiune	20
N. M. Nicolae, ing.: Încercarea întreruptorilor de înaltă tensiune la puterea de rupere	28
C. Popescu ing: Introducerea unui factor nou în alegerea conductorilor pentru transportul de energie electrică pe liniile aeriene de medie și înaltă tensiune	33
T. Dordea, ing.: Influența crestăturilor asupra comportării mașinii unipolare	36
M. Brașovan, ing.: Despre o metodă de frânare electrică la macarale	43
C. Topor, ing.: Recondiționarea galvanometrelor magnetoelectrice de laborator și de teren	51
L Marcovici, ing.: Îndeplinirea ritmică a planului de producție	59
DIN EXPERIENȚA U.R.S.S.	
Stații și celule de distribuție de înaltă tensiune tip închis de 35 kV și de 110 kV	63
NOTE — RECENZII	
L. Ziman, prof.: Criza în economia hidraulică în S.U.A.	76

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
23 Августа, день освобождения нашей родины	
Конституция строительства социализма	
Великие стройки плана электрификации вошли в строй	
Т. ТАНАСЕСКУ проф. д-р инж.: Перенос электроэнергии	
И. КОНСТАНТИНЕСКУ, проф. инж.: Пленочный эффект в случае биметаллических проводников	1
М. ПРОВИНЧЯНУ, инж.: Новый вклад в электрические расчеты сетей тяги	2
Н. М. НИКОЛАЙ, инж.: Испытание высоковольтных выключателей на разрывную мощность	2
К. ПОПЕСКУ, инж.: Введение нового фактора в выбор проводников для передачи электроэнергии по воздушным проводам среднего и высокого напряжения	3
Г. Дордя, инж.: Влияние пазов на работу однополюсной электрической машины	3
М. БРАШОВАН, инж.: О методе электрического торможения на кранах	4
К. ТОПОР, инж.: Восстановление магнетоэлектрических лабораторных и полевых гальванометров	5
Л. МАРКОВИЧ, инж.: Ритмическое выполнение производственного плана	5
ИЗ ОПЫТА СССР	
Станции и точки распределения высокого напряжения закрытого типа 35 кв и 110 кв.	6
ЗАМЕТКИ — РЕЦЕНЗИИ	
Л. ЗИМАН, проф.: Кризис в гидравл. хозяйстве Р.США	7

Országos Múzeumi Könyvtár TULAJDON ELLENŐRIZVE 1958

23 AUGUST, ZIUA ELIBERĂRII PATRIEI NOASTRE

A 8-a aniversare a eliberării patriei noastre de către glorioasele armate sovietice a fost sărbătorită anul acesta de către poporul muncitor în condiţiile unui puternic avânt în construcţia economiei şi culturii socialiste şi a entusiasmului cu care oamenii muncii au primit Proiectul noii Constituţii a R.P.R., Constituţia construirii socialismului în patria noastră.

„Eliberarea României de către Armata Sovietică — *arată tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej* — n'a însemnat numai eliberarea naţională a ţării noastre, dar ea a creat condiţiile necesare şi toate premizele pentru sdrobirea claselor dominante — moşierii şi capitaliştii — a făcut posibilă desfăşurarea luptei poporului şi efectuarea de reforme cu caracter revoluţionar, a ferit ţara noastră de intervenţia armată a puterilor imperialiste, a făcut cu putinţă rapida desvoltare a puterii populare şi trecerea la regimul de democraţie populară — forma dictaturii proletariatului".

Intărind baza politică a regimului de democraţie populară prin naţionalizarea principalelor mijloace de producţie, industriale, bancare, de transport şi asigurări, Partidul şi Guvernul nostru au creat condiţiile necesare pentru ca începând cu anul 1949, economia naţională să se desvolte pe bază de plan.

Sprijinul multilateral şi susţinut primit din partea Uniunii Sovietice şi elanul creator al maselor descătuşate din lanţurile robiei capitaliste, au făcut ca cele două planuri anuale de Stat — 1949 şi 1950 — să fie îndeplinite şi depăşite, creind astfel condiţiile pentru elaborarea primului nostru plan cincinal şi a planului de electrificare a ţării.

Planul cincinal şi planul de electrificare a ţării au pus în faţa muncitorilor, tehnicienilor, inginerilor şi funcţionarilor care lucrează în industria electrotehnică, importante şi măreţe sarcini, în vederea asigurării nevoilor crescânde ale economiei naţionale cu energie electrică şi cu produse electrotehnice. Astfel, în planul cincinal se prevede construirea de puternice centrale termo şi hidroelectrice, precum şi desvoltarea industriei electrotehnice, prin crearea de noi fabrici de turbogeneratoare, motoare, transformatoare şi aparataj electric.

La sfârşitul planului cincinal, industria noastră socialistă va dispune de 80% din puterea electrică totală instalată, iar restul va aprinde „lampa lui Ilici" în cele 2 000 sate şi va da agriculturii sprijin în vederea electrificării în primul rând a S.M.T.-urilor, gospodăriilor de Stat şi Colective, precum şi ariilor. Deasemenea, pentru electrificarea mediului rural se va stimula iniţiativa locală pentru construirea de micro, termo- şi hidrocentrale, folosind combustibil local.

Călăuziţi de cuvintele marelui Lenin, care spunea: comunismul înseamnă puterea Sovietelor plus electrificarea întregii ţări", *oamenii muncii din acest sector de activitate, în frunte cu clasa muncitoare şi sub conducerea Partidului, au pornit cu avânt patriotic să dea viaţă sarcinilor de plan. N'au trecut nici doi ani dela intrarea în vigoare a primului nostru cincinal şi roadele activităţii maselor de oameni au şi început să se arate, roade care sunt garanţia construirii vieţii noi în ţara noastră. Cifrele primului an din cincinal, care ne arată că planul producţiei globale pe 1951 a fost îndeplinit în acest sector în proporţie de 114,7% realizându-se în sectorul energiei electrice o creştere a producţiei de 117% faţă de 1950, cât şi rezultatele îndeplinirii planului pe primele două trimestre ale anului 1952—105,6% şi* 101,8 *— sunt edificatoare în acest sens.*

Ca rezultat al ajutorului material şi tehnico-ştiinţific primit din partea Uniunii Sovietice şi în urma condiţiilor optime de lucru şi de trai create de Partid şi Guvern tehnicienilor şi inginerilor, s'au putut fabrica pentru prima oară în ţara noastră motoare electrice petroliere, transformatori, generatori Dick, separatori mono şi tripolari, centrale de radioficare, tele-vorbitoare, motoare asincronice trifazice, motoare de curent continuu, aparataj pentru trolley-buze, izolatori de înaltă tensiune, telefoane dispatcher, instalaţii de semnalizare, contoare monofazice, cuptor cu încălzire de înaltă frecvenţă, sârmă email, contoare pentru convorbiri telefonice, cablu greu de plumb cu bandă cauciucată şi ţesătură metalică de fier zincat, întrerupătoare automate petrolifere, etc.

Aceste produse care au o deosebită importanţă pentru electrificarea ţării şi pe care altădată le importam plătind bani grei — aur — ţărilor occidentale, vor fi completate cu alte 70 produse noi ce se vor fabrica în cursul cincinalului, printre care: aparataj de înaltă tensiune, transformatori de mare putere, turbogeneratori, centrale telefonice de mare capacitate. maşini unelte electrice, cuptoare electrice industriale, etc.

In raportul său asupra planului de electrificare a ţării, tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej spunea: „In faţa noastră stă sarcina măreaţă de a pune stăpânire pe milioanele de cai putere care se irosesc în apele noastre, pe milioanele de cai putere care zac în subsolul ţării noastre şi să-i folosim pentru ridicarea industriei, agriculturii şi transporturilor, pentru propăşirea şi înflorirea patriei noastre".

Inarmaţi cu învăţătura partidului şi animaţi de dragostea şi elanul de a-şi crea o viaţă liberă şi fericită, oamenii muncii din ţara noastră au făcut din opera de electrificare, cauza lor proprie, contribuind cu toate eforturile la realizarea sarcinilor puse de partid în domeniul electrificării.

Astfel, de curând, în numai un an şi jumătate dela adoptarea planului de electrificare, au fost inaugurate şi au intrat în funcţiune două termocentrale; progrese însemnate se înregistrează pe şantierele marilor construcţii energetice din cadrul planului, în frunte cu măreaţa hidrocentrală „V. I.

Lenin" dela Bicaz, care umple de bucurie şi mândrie patriotică inimile tuturor oamenilor muncii din ţara noastră.

Termocentrala „Gh. Gheorghiu-Dej" dela Doiceşti, cea mai mare centrală termoelectrică construită până acum în ţara noastră, a început să trimită pe liniile de înaltă tensiune zeci de mii de kW uzinelor din Bucureşti, schelelor petrolifere şi întreprinderilor din Valea Prahovei, precum şi fabricilor din Oraşul Stalin.

Această centrală termoelectrică reprezintă nu numai o mare însemnătate economică, ci şi o importantă realizare a constructorilor noştri. Ea este o mărturie concretă a imensei energii creatoare a poporului nostru muncitor, a rolului constructiv şi a forţei Statului nostru de democraţie populară, care — aşa după cum arată Proiectul de Constituţie — „asigură întărirea şi desvoltarea forţelor de producţie ale ţării prin industrializarea ei socialistă, prin lichidarea înapoierii economice, tehnice şi culturale".

Faptul că alimentarea cu apă, funcţionarea cu cărbune pulverizat — pentru care s'au construit o serie de staţii de sfărâmare, benzi transportoare şi morile pentru pulverizarea cărbunelui — lucrează automat, arată progresul tehnic pe care ţara noastră l-a făcut în acest domeniu. Odată cu începerea exploatării primei părţi a acestei termocentrale, s'a făcut un însemnat pas pe linia valorificării raţionale a resurselor energetice ale ţării noastre, prin folosirea de combustibil inferior, economisindu-se astfel importante cantităţi de combustibil superior.

Acestei măreţe realizări i s'a alăturat şi termocentrala Ovidiu II, care a început să furnizeze energie electrică şantierelor Canalului Dunăre—Marea Neagră şi în întreg podişul Dobrogei. Utilaje electrice ca : excavatoare, staţii de hidromecanizare, drăgi refulante etc., au început să lucreze cu mai multă putere.

Aşezată în inima Dobrogei, termocentrala Ovidiu II aduce un aport deosebit la desvoltarea economică şi culturală a acestei regiuni, pe care regimul burghezo-moşieresc o ţinuse în totală înapoiere. Ca şi centrala electrică „Gh. Gheorghiu-Dej" dela Doiceşti, termocentrala Ovidiu II, printr'un sistem complex de staţii de sfărâmare, benzi rulante, mori, pulverizatoare, etc., va folosi cărbune pulverizat, reducând în felul acesta preţul de cost al kWh.

In construirea acestor două termocentrale, ca şi în progresele rapide realizate pe marile şantiere ale construcţiilor energetice din ţara noastră, o importanţă hotărîtoare a avut-o şi o are ajutorul primit din partea Uniunii Sovietice, ajutor care constă în utilaj de construcţie perfecţionat, instalaţii, turbine, generatori, motoare şi aparatajul necesar, precum şi împărtăşirea îndelungatei experienţe a constructorilor sovietici în domeniul electrificării. Specialiştii şi consilierii sovietici, ne dau un permanent ajutor la proiectarea construcţiilor şi maşinilor, la organizarea producţiei noastre electrotehnice şi la formarea cadrelor necesare traducerii în viaţă a planului de electrificare. Deasemenea, colaborarea cu ţările de democraţie populară, în cadrul Consiliului de Asistenţă economică mutuală, a avut şi are un rol însemnat în îndeplinirea sarcinilor puse de planul de electrificare. De exemplu din Republica Cehoslovacă ne-au sosit pentru termocentrala dela Doiceşti importante utilaje şi totodată, am avut un sprijin efectiv acordat de către tehnicienii şi specialiştii cehoslovaci, care au contribuit la punerea în funcţiune a acestei termocentrale.

Aceste minunate victorii ale clasei muncitoare, sub conducerea Partidului, au loc în momentul când întreg poporul muncitor îşi spune cuvântul în elaborarea viitoarei Constituţii a R.P.R., care vine să le consacre cuceririle obţinute până acum pe drumul construirii bazei economice a socialismului în ţara noastră.

Antrenaţi în întrecerea socialistă, în cinstea zilei de 23 August şi a Proiectului de Constituţie, muncitorii, tehnicienii, inginerii şi funcţionarii din acest domeniu de activitate, obţin importante succese, prin aplicarea şi îmbunătăţirea permanentă a metodelor avansate de muncă, prin măsuri organizatorice tehnico-administrative, precum şi prin aplicarea de inovaţii, raţionalizări şi perfecţionări tehnice ale fruntaşilor, inovatorilor, stahanoviştilor şi inginerilor. Astfel, în ziua schimbului de onoare, minerii, mecanicii şi excavatoriştii dela Sectorul Tunel al hidrocentralei „V. I. Lenin" au obţinut importante depăşiri de norme. De asemenea, 3 echipe de mineri şi excavatorişti au obţinut cea mai mare productivitate din timpul anului. Brigada utemistă, condusă de stahanovistul N. Mălănicioiu, a obţinut un succes deosebit, excavând în ziua schimbului de onoare 3,90 m tunel, în loc de 2,70 m, cât prevedea planul.

Succese remarcabile au obţinut şi brigăzile care lucrează la inelul de betonare din tunel. Astfel, brigada „Gh. Gheorghiu-Dej", condusă de fruntaşul în producţie Vasile Vâşcan, a excavat 14 m³ în loc de 8 m³ cât prevedea planul, iar brigada „Jacques Duclos" a excavat 11,75 m³ în loc de 8 m³.

Ţinând sus steagul întrecerii socialiste, muncitorii, tehnicienii, inginerii şi funcţionarii din industria electrotehnică şi de pe marile şantiere ale înfăptuirii planului de electrificare a ţării, au întâmpinat 23 August şi Proiectul de Constituţie al R.P.R. cu importante realizări în muncă şi totodată s'au angajat a depune toate eforturile pentru ca pe întinsul patriei noastre să apară noi puncte generatoare de energie electrică, care vor transforma ţara noastră într'o grădină înfloritoare, aducând bună starea şi fericirea întregului popor muncitor.

Azi, la sărbătorirea celei de a 8-a aniversări a eliberării patriei noastre, gândul oamenilor muncii se îndreaptă cu recunoştinţă către iubitul nostru conducător şi iniţiator al planului de electrificare a ţării, tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej, şi către marea noastră vecină şi prietenă, Uniunea Sovietică, chezăşie sigură a desvoltării noastre pe drumul luminos al socialismului, condusă de părintele oamenilor muncii din lumea întreagă, organizatorul victoriilor obţinute de Statul Socialist şi eliberatorul poporului nostru, generalissimul I. V. Stalin.

CONSTITUŢIA CONSTRUIRII SOCIALISMULUI

Votarea de către Marea Adunare Naţională a Proiectului de Constituţie, întocmit de Comisia Constituţională aleasă de Marea Adunare Naţională, constitue un eveniment de o deosebită însemnătate din viaţa ţării noastre. Noua Constituţie oglindeşte succesele istorice cucerite de oamenii muncii în frunte cu clasa muncitoare sub conducerea Partidului Muncitoresc Român, ilustrând voinţa fermă a poporului muncitor de a duce până la capăt opera construirii socialismului

Cu mândrie patriotică a primit poporul muncitor Noua Constituţie, rezultat al marilor cuceriri, care i-au schimbat şi continuă să-i schimbe viaţa, făcând-o şi mai luminoasă. Cuceriri legate în conştiinţa poporului nostru muncitor de Partidul clasei muncitoare, inspiratorul şi organizatorul tuturor victoriilor sale.

In R. P. R., noua Constituţie a devenit necesară în urma transformărilor radicale ce au avut loc în viaţa politică, economică şi socială a ţării. Vechea Constituţie, corespunzătoare unei anumite faze de desvoltare, a fost depăşită de mersul nostru înainte.

In răstimpul a 4 ani dela adoptarea ei, s'a înfăptuit revoluţionarul act al naţionalizării principalelor mijloace de producţie, la 11 Iunie 1948, care a însemnat o cotitură pe drumul construirii socialismului în Republica Populară Română. S'a creat astfel un puternic sector socialist, care înlătură treptat sectorul capitalist din economia ţării noastre. Datorită naţionalizării principalelor mijloace de producţie, s'a putut trece la conducerea planificată a economiei noastre naţionale. Primele două planuri de Stat pe anii 1949 şi 1950 au pus bazele Planului Cincinal, printr'o refacere şi o desvoltare a economiei naţionale. Pentru crearea bazei economice a socialismului, s'a trecut la o desvoltare masivă a industriei grele, punându-se accentul pe construcţia de maşini. Industria socialistă şi-a triplat aproape producţia, luând un mare avânt. S'au creat noi ramuri industriale. Industria grea s'a desvoltat vertiginos: faţă de 1949, producţia de strunguri a crescut cu 660% iar cea de motoare cu 476%. Pentru prima oară s'au fabricat în ţara noastră tractoare de 120 CP, betoniere de 500 litri capacitate, motoare electrice petroliere, generatori sistem Dick, transformatori separatori mono şi tripolari, întrerupătoare automate petroliere, centrale de radioficare, televorbitoare, motoare asincronice trifazate, motoare de curent continuu, aparate de radio tip popular, izolatori de înaltă tensiune, instalaţii de semnalizare, cuptoare de înaltă frecvenţă, etc.

In opera de industrializate a ţării, agricultura nu a fost lăsată mai prejos. Transformarea socialistă a agriculturii, ale cărei baze s'au pus prin înfiinţarea unei importante reţele de staţiuni de maşini şi tractoare, prin înfiinţarea a nenumărate gospodării agricole de Stat şi a peste 1400 gospodării agricole colective, prin desvoltarea sectorului cooperatist, a dus la strângerea alianţei dintre clasa muncitoare şi ţărănimea muncitoare, bază a înfloririi Patriei noastre.

•

Inspirându-se din pilda măreţei Constituţii staliniste, Noua Constituţie a R. P. R. oglindeşte viaţa nouă pe care şi-o făureşte poporul nostru sub conducerea Partidului, cu ajutorul neprecupeţit al Marii Uniuni Sovietice, înregistrează cuceririle sale şi fixează legislativ marile drepturi şi libertăţi de care se bucură toţi cei ce muncesc din patria noastră.

Noua Constituţie arată că Republica Populară Română s'a născut şi s'a întărit, ca rezultat al eliberării ţării de către forţele armate ale Uniunii Sovietice, de sub jugul fascismului şi dominaţiei imperialiste, ca rezultat al doborîrii puterii moşierilor şi capitaliştilor de către masele populare dela oraşe şi sate, în frunte cu clasa muncitoare, sub conducerea Partidului Comunist Român.

Noua Constituţie fixează sarcinile Statului democrat popular, ca principal instrument al construirii socialismului.

Tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej, călăuzindu-se după învăţătura leninist-stalinistă, a arătat că: *„Statul nostru a căpătat funcţiuni noi, acelea ale muncii economico-organizatorice şi cultural-educative, funcţiuni care se desfăşoară în întreaga lor amploare abia după victoria socialismului, dar care de pe acum încep să joace un rol tot mai mare în viaţa ţării noastre"*.

Aceste funcţiuni se desfăşoară în condiţiile existente a trei formaţiuni social-economice: formaţiunea socialistă, mica producţie de mărfuri şi formaţiunea particular-capitalistă. Fundamentul formaţiunii socialiste este proprietatea socialistă asupra mijloacelor de producţie, care are, fie forma proprietăţii de Stat, fie forma proprietăţii cooperatiste-colectiviste. Formaţiunea socialistă are rolul conducător în economia naţională. Statul întăreşte neîncetat această formaţiune şi asigură creşterea continuă a bunei stări materiale şi culturale a oamenilor muncii, care luptă cu avânt patriotic pentru întărirea şi desvoltarea formaţiunii socialiste în toate domeniile economiei.

Noua Constituţie proclamă o cucerire istorică: formaţiunea socialistă a economiei naţionale în care este lichidată exploatarea omului de către om.

Mica producţie de mărfuri în Republica Populară Română, cuprinde gospodăriile ţărăneşti mici şi mijlocii, care posedă proprietatea particulară asupra pământului, bazată pe munca proprie a producătorului, ca şi atelierele meseriaşilor şi meşteşugarilor, care nu exploatează munca altora. Statul ocroteşte dreptul de proprietate particulară asupra pământului a ţăranilor cu gospodării mici şi mijlocii, pe baza legilor în vigoare.

Statul Democrat Popular sprijină pe ţăranii cu gospodării mici şi mijlocii, pe meşteşugari şi meseriaşi, cu scopul de a-i feri de exploatarea

capitalistă, de a spori producţia realizată de ei şi de a ridica bunăstarea lor.

Formaţiunea particular-capitalistă în Republica Populară Română cuprinde gospodăriile chiabureşti, întreprinderile comerciale particulare, micile întreprinderi industriale nenaţionalizate, bazate pe exploatarea muncii salariate.

Statul Democrat Popular realizează în mod consecvent politica de îngrădire şi eliminare a elementelor capitaliste.

*

Forţa şi vitalitatea regimului de democraţie populară se oglindesc în capitolul privitor la drepturile şi îndatoririle cetăţenilor Republicii Populare Române. Dreptul la muncă, dreptul la învăţătură, egalitatea de drepturi a femeii cu bărbatul în toate domeniile vieţii economice, politice, de Stat şi culturale, libertatea de conştiinţă, libertatea cuvântului, libertatea presei, libertatea întrunirilor, constitue marile drepturi şi libertăţi ale cetăţenilor din R.P.R., cărora regimul de democraţie populară le asigură un conţinut real, în contrast izbitor cu constituţiile ţărilor capitaliste, unde — ca de pildă — în S.U.A., Constituţia nici nu atinge măcar problema dreptului la muncă şi a dreptului la odihnă, iar o sumă de legi fasciste: Wood, McCarran, Taft-Hartley, Smith, vin să confirme făţarnicia democraţiei burgheze. Aceste legi completează prevederile reacţionare ale Constituţiei.

Noua Constituţie este o oglindă a ideologiei frăţiei între popoare: ideologia internaţionalismului proletar. Proclamă şi asigură deplina egalitate de drepturi a oamenilor muncii, cetăţeni ai R.P.R., — fără deosebire de naţionalitate şi de rasă, — în toate domeniile vieţii economice, politice şi culturale. Aplicând în mod consecvent politica naţională leninist-stalinistă a Partidului şi călăuzindu-se după glorioasa experienţă a Statului sovietic, Noua Constituţie asigură autonomia administrativ-teritorială populaţiei maghiare din raioanele secuieşti, care formează o masă compactă. Prin crearea Regiunii Autonome Maghiare a R. P. R., populaţia maghiară va lupta cu şi mai mult avânt alături de poporul muncitor pentru cauza comună: construirea socialismului.

Noua Constituţie consfinţeşte o măreaţă realitate a vieţii noastre politice noi: rolul conducător şi de avantgardă al Partidului Muncitoresc Român în Stat şi construirea societăţii socialiste. Noua Constituţie exprimă cu hotărîre una dintre cele mai însemnate cuceriri ale poporului nostru: politica externă de apărare a păcii, de prietenie şi alianţă cu U.R.S.S. şi cu ţările de democraţie populară, de pace şi de prietenie cu toate popoarele iubitoare de pace. Este o Constituţie a Păcii, a unui Stat care, prin însuşi caracterul său ca Stat al celor ce muncesc, este un apărător consecvent al păcii şi independenţii poporului. O Constituţie a unui popor care-şi apără bunul său cel mai de preţ: *Pacea*, proclamând-o ca politică de Stat.

Profundele sentimente de dragoste şi recunoştinţă, pe care poporul nostru le poartă Ţării Socialismului Victorios, se oglindesc în Proiectul noii Constituţii.

Lege fundamentală a Statului nostru, noua Constituţie va consolida regimul de democraţie populară, strângând tot mai puternic în jurul Partidului şi a puterii populare masele largi, înarmând clasa muncitoare, ţărănimea muncitoare, intelectualitatea legată de popor, în lupta pentru construirea victorioasă a socialismului, sub steagul invincibil al lui Lenin şi Stalin.

*

Desbaterea Proiectului de Constituţie a însemnat pe lângă trecerea în revistă a victoriilor noastre, şi o chemare la luptă pentru desvoltarea economiei noastre naţionale, pentru creşterea vigilenţei revoluţionare a poporului muncitor împotriva uneltirilor din afară şi dinlăuntrul ţării, pentru înflorirea necontenită a scumpei noastre Patrii. In acest scop, muncitorii, inginerii şi tehnicienii din multe uzine şi fabrici îşi însuşesc iniţiativa patriotică a colectivului uzinelor „Sovromtractor" de a termina în 10 luni şi 20 zile sarcinile de plan pe anul acesta. Conştienţi de faptul că pentru a se asigura desvoltarea intensă a forţelor de producţie şi ridicarea continuă a nivelului de trai, victoriile consfinţite în Noua Constituţie trebue să fie consolidate prin îndeplinirea şi depăşirea angajamentelor luate. Nenumărate sunt pildele de patriotism ale oamenilor muncii din ţara noastră. Astfel, peste 600 de muncitori dela Combinatul „Sovrommetal" Reşiţa lucrează în contul anilor viitori. Numeroase grupe de mineri dau cărbune în contul anului 1953. Peste 60% din brigăzile de mineri dela Aninoasa, depăşesc zilnic normele cu 10—70%. Muncitorii, tehnicienii şi inginerii Oficiului de foraj al Trestului I — Câmpina, au reuşit să îndeplinească cu 3 zile înainte planul de foraj pe luna Iulie. Colectivul oţelăriei Siemens-Martin dela Combinatul Siderurgic „Gheorghe Gheorghiu-Dej" a realizat în ziua de 31 Iulie cu 67% peste sarcina de plan. La mina Lupeni a pornit iniţiativa patriotică a maistrului Gheorghe Sviştea, care conştient de rolul maiştrilor mineri în desvoltarea întrecerilor socialiste, a întocmit un plan de măsuri tehnico-organizatorice, în care primul loc îl ocupă organizarea brigăzilor minere. Sub lozinca „Niciun miner sub normă! — Mai mult cărbune pentru patrie, pentru pace!", maiştrii mineri din toate întreprinderile carbonifere au început să-şi însuşească iniţiativa patriotică a maistrului Gheorghe Sviştea.

Votarea Noii Constituţii a dat naştere unui deosebit avânt în lupta pentru îndeplinirea Planului Cincinal şi a Planului de Electrificare, pentru asigurarea reuşitei campaniei de recoltare şi colectare, pentru lichidarea urmărilor abaterilor de dreapta, pentru apărarea păcii împotriva uneltirilor aţâţătorilor la război, imperialiştii anglo-americani.

Clasa noastră muncitoare, condusă de Partid, duce cu hotărîre lupta pentru industrializarea socialistă, singura cale spre desvoltarea puternică a tuturor ramurilor economiei naţionale, pentru întărirea, independenţa şi suveranitatea ţării noastre.

PRIMELE MARI CONSTRUCŢII ALE PLANULUI DE ELECTRIFICARE AU INTRAT IN FUNCŢIUNE

Duminică 10 August 1952 într'un cadru festiv a avut loc la Doiceşti inaugurarea marei termocentrale „Gh. Gheorghiu-Dej", prima lucrare a planului de electrificare a ţării.

Intr'o atmosferă de deosebit entuziasm, muncitorii constructori şi-au manifestat cu tărie dragostea şi ataşamentul faţă de Partid, hotărîrea de a munci cu mai multă dârzenie pentru a transpune în viaţă măreţele sarcini ale Planului de Electrificare a ţării.

Emoţionant a fost momentul acela când din camera de comandă de unde se dirijează curentul electric produs de termocentrală, tovarăşul Alexandru Moghioroş a apăsat pe un buton al tabloului de comandă, iar energia electrică a pornit prin cablurile de înaltă tensiune spre Bucureşti, Oraşul Stalin şi Valea Prahovei, spre unităţile industriei noastre socialiste.

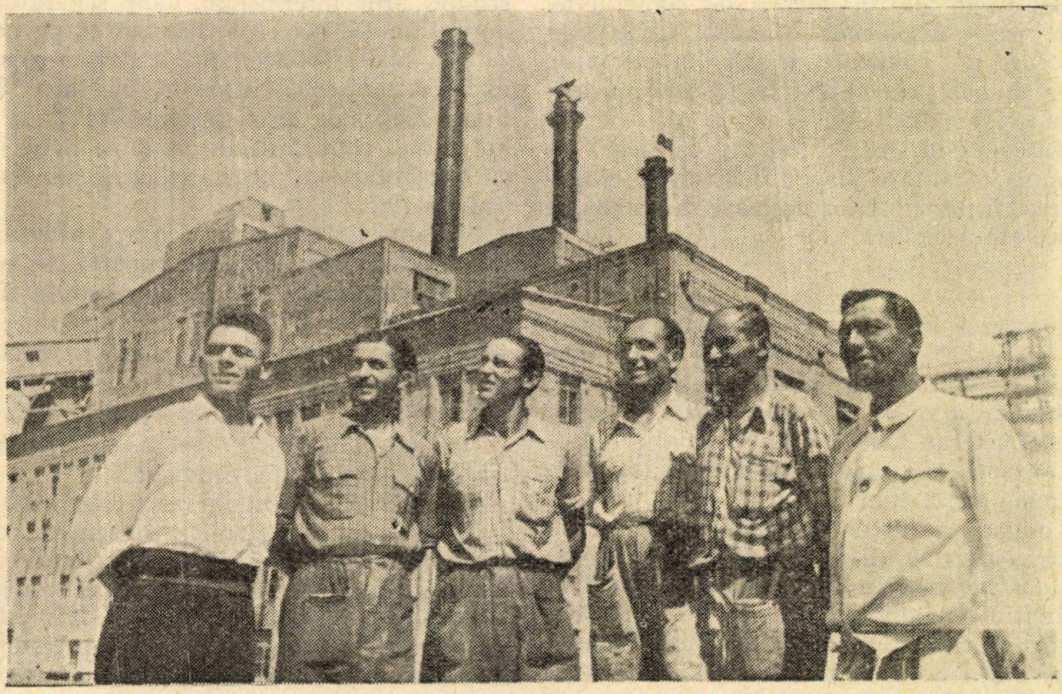
Realizările noastre în domeniul electrificării confirmă odată mai mult justeţea tezei leninist-staliniste, potrivit căreia electrificarea trebue să meargă cu un pas înaintea industrializării.

In raportul asupra Planului de Electrificare a ţării, tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej spune: *„Electrificarea ţării noastre se impune ca o sarcină de cea mai mare urgenţă şi însemnătate. Lichidarea înapoierii economice şi culturale a ţării pe baza trecerii la marea producţie socialistă în industrie şi agricultură, este de neconceput fără electrificare".*

Cât de mare este diferenţa şi în ceea ce priveşte electrificarea socialistă şi cea capitalistă, se poate aprecia şi din faptul că regimului burghez-moşieresc i-a trebuit 35 ani pentru a construi în etape termocentrala dela Grozăveşti, mult inferioară din toate punctele de vedere termocentralei dela Doiceşti, care a fost construită în mai puţin de doi ani sub regimul nostru de democraţie populară.

In goană după beneficii mari cu investiţii mici, capitaliştii au dus o politică de jaf şi de risipă şi în ceea ce priveşte utilizarea izvoarelor de energie ale ţării.

Ei au construit în special centrale electrice pe baza combustibililor celor mai preţioşi: produse petrolifere, gaze naturale şi cărbuni superiori. Din întreaga putere instalată care atingea abia 740 000 kW, a centralelor electrice rămase dela capitalişti, numai 600 000 erau utilizabili, din cauza strangulărilor şi uzurii instalaţiilor.



Termocentrala „Ovidiu II"

In ceea ce priveşte electrificarea comunelor, în special a celor rurale, ea era foarte puţin extinsă: numai 28,7% din populaţia ţării locuia în localităţi electrificate.

Planul nostru de electrificare prevede din contră construirea unor astfel de termocentrale care să valorifice însemnatele zăcăminte de cărbuni inferior, lignit, turbă, cărbuni bruni inferiori etc.

Punând în practică principiul folosirii zăcămintelor de lignit la gura minei şi dispunând de instalaţii perfecţionate, termocentrala dela Doiceşti realizează, în comparaţie cu consumul specific al altor termocentrale din ţară, o economie de 300 000 tone lignit anual, ceea ce reprezintă o economie de 90 000 000 lei anual, constituind în acelaş timp baza materială a electrificării satelor şi în primul rând a unităţilor socialiste agricole situate în împrejurimi.

Termocentrala va alimenta deasemenea cu energie electrică o mare lucrare a Planului nostru Cincinal: prima cale ferată electrificată Câmpina — Oraşul Stalin.

La construirea măreţei lucrări a termocentralei „Gh. Gheorghiu-Dej" întreprinderile Electromontaj, Energoconstrucţia şi ICET au depus o muncă plină de entuziasm înfruntând cu curaj greutăţile începutului.

Cei 2 200 de constructori, 800 de montori şi 60 de proiectanţi au răspuns cu cinste încrederii pe care Partidul a pus-o în capacitatea lor tehnică.

Ei au proiectat şi executat în diferite puncte ale şantierului peste 200 de lucrări de construcţie. Şantierul este deasemenea o şcoală unde s'au format cadre noi calificate, ieşind din rândurile oamenilor muncii peste 1 300 de electricieni, mecanici, sudori, lăcătuşi, etc.

Rezultatele sunt măreţe şi se datoresc în primul rând instaurării puterii democraţiei populare şi trecerii principalelor mijloace de producţie în proprietate socialistă.

*

La executarea lucrărilor s'au întâmpinat greutăţi, în special la lucrările hidraulice. In luna Iunie 1951 când aceste lucrări se găseau în stadiul de săpături cu aproape 50 metri săpaţi la baraj, ploi neaşteptate au făcut ca Ialomiţa să-şi umfle albia şi să spele tot ceea ce se făurise cu atâta trudă vreme de 2 luni.

Dând dovadă de spirit de abnegaţie şi eroism în muncă, constructorii au salvat utilajul şi au refăcut lucrările într'un timp foarte scurt.

La sfârşitul verii anului trecut au fost începute alte lucrări dintre care unele de proporţii uriaşe: cele două staţii de sfărâmare a cărbunelui, staţiile electrice, casa sitelor, canalele de apă caldă şi rece etc.

Totodată s'au ridicat primele blocuri muncitoreşti cuprinzând fiecare câte 26 apartamente.

Odată cu desvoltarea şantierului au crescut şi toate posibilităţile de construcţie, precum şi aceea a turnării betonului în timpul iernii, deoarece la o construcţie de proporţiile termocentralei, unde sunt necesare cantităţi imense de material, dacă betonul nu ar fi fost turnat şi iarna lucrările ar fi fost azi la un stadiu mult rămas în urmă.

Folosirea pieselor prefabricate a dus şi ea la o scurtare apreciabilă a timpului de executare a lucrărilor.

*

Termocentrala dela Doiceşti este o construcţie îndrăsneaţă care impresionează prin dimensiunile şi ansamblul ei grandios, fiind nu numai o expresie minunată a tehnicii noi, dar şi o construcţie de o deosebită frumuseţe arhitecturală.

Lucrarea impresionează prin amploarea şi dimensiunile ei, reprezentând atât ca concepţie cât şi ca realizare o adevărată construcţie socialistă.

Interiorul a fost organizat în mod just şi cu chibzuială.

Fiecare încăpere are spaţiul necesar, fiecare maşină sau agregat se află la locul cel mai potrivit din punct de vedere al procesului de funcţionare, sălile fiind mari şi luminoase, asigurând condiţii optime de lucru muncitorilor. Problemele de ventilaţie au fost rezolvate cu succes iar instalaţiile electrice, sanitare şi de încălzire sunt perfecţionate şi economice, aşa încât la această lucrare noul poate fi întâlnit la fiecare pas.

Complexa instalaţie de transport şi tratare a cărbunelui reprezintă ea însăşi un important succes al tehnicii noi româneşti. Cărbunele este transportat pe benzi rulante prin imense poduri înclinate spre uriaşele staţii de concasoare care-l macină mărunt. Deasemeni el este curăţat de corpuri străine prin intermediul unor separatoare şi a unor site. De aci este transportat pe benzi aşezate pe poduri oblice până la partea superioară a uzinei, unde este depozitat în nişte bunckere uriaşe de unde prin intermediul unor centrale automate, cantităţile de cărbune necesar arderii sunt introduse în focarul căldării sub forma unei pulberi fine.

Sistemul de alimentare cu apă a cazanelor reprezintă o lucrare de mari proporţii. In acest scop s'au oprit printr'un mare baraj apele râului Ialomiţa. Din lacul astfel format apa trece printr'o serie de bazine şi printr'o mare conductă subterană, străbătând numeroase grătare şi filtre de unde este condusă spre condensatoarele turbinei.

Dela condensatoare apa este readusă în Ialomiţa printr'o altă conductă.

Intrucât debitul râului este insuficient pentru a acoperi nevoile uzinei, în prezent se construesc turnuri de răcire care vor da posibilitatea recondiţionării apei odată folosită în centrală.

Problema evacuării sgurei a fost rezolvată tot pe cale hidraulică. Prin amestecarea ei cu apă se produce un fel de noroi moale care este transportat prin nişte conducte şi depozitat lângă râul Ialomiţa.

Valorificarea acestei sgure, în scopul obţinerii unor importante produse chimice, este în studiu.

Evacuarea fumului produs se face prin intermediul unui uriaş coş de beton, una din cele mai impozante construcţii.

Inalt de 81 metri coşul a fost construit din prefabricate de beton armat, montate cu ajutorul troliilor la înălţimea respectivă.

Montarea prefabricatelor s'a făcut într'un ritm rapid şi cu o cheltuială minimă de schelărie.

Transportul pământului excavat s'a făcut deasemenea prin mijloace mecanizate cu ajutorul excavatoarelor care înlocuesc fiecare munca a 200 de oameni.

Când a început montarea utilajului au intrat în funcţiune macarale acţionate electric, cu ajutorul cărora au fost ridicate fără efort piese de peste 40 de tone, cum sunt tamburii, ţevile fierbătoare etc. dela cazane.

La instalaţiile de cărbuni munca manuală a fost aproape complet înlocuită cu munca mecanică.

*

Termocentrala ,,Gheorghe Gheorghiu-Dej'' depăşeşte cu mult puterea celor mai mari centrale existente în ţară.

Datorită concepţiei tehnice înalte inspirate din principiile energetice sovietice, cea mai înaintată din lume, datorită echipamentului modern furnizat de Republica Cehoslovacă şi montat cu sprijinul frăţesc al specialiştilor cehoslovaci, centrala va putea produce anual o cantitate de energie egală cu o treime din întreaga cantitate de energie produsă de uzinele actuale.

Fiecare agregat oglindeşte gradul înalt de desvoltare la care a ajuns industria producătoare de echipament electric din Republica Cehoslovacă. Cazanul de pildă cu ajutorul căruia se transformă energia chimică a combustibilului în energie calorică, e un adevărat colos de metal susţinut de stâlpi cu o înălţime de peste 15 metri şi în greutate de peste 20 de tone, fiind uşor de condus, consumând puţin combustibil, cu pierderi mici de căldură şi un randament foarte ridicat.

Zi de zi metodele de muncă au fost perfecţionate, s'au înmulţit mijloacele de mecanizare a muncii datorită sprijinului continuu tehnic şi material dat de Uniunea Sovietică. Cu ajutorul excavatoarelor, screperelor, buldozerelor şi benzilor rulante sovietice, ritmul de excavaţie al lucrărilor a fost intensificat din ce în ce mai mult.

Pompele de 4 şi 6 ţoli, betonierele cu o capacitate mare şi nenumărate utilaje perfecţionate sovietice au dus la construirea în termen atât de scurt a termocentralei.

Lucrând alături de specialiştii cehoslovaci şi inspiraţi din înaintata tehnică sovietică, muncitorii şi tehnicienii noştri şi-au însuşit o înaltă calificare în executarea unor lucrări tehnice de mare specialitate, ca sudura de înaltă presiune, montarea turbinelor, montarea posturilor de comandă şi a instalaţiilor de automatizare, specialităţi pentru care înainte nu aveam cadre calificate.

*

Constructorii termocentralei Ovidiu II au ţinut şi ei pas cu pas cu tovarăşii lor constructori ai termocentralei ,,Gh. Gheorghiu-Dej''.

Duminică 17 August, la numai o săptămână dela inaugurarea centralei termoelectrice ,,Gh. Gheorghiu-Dej'' dela Doiceşti, pe şantierul frumoasei şi modernei uzini Ovidiu II, era mare însufleţire.

S'au adunat aci constructorii de pe toate şantierele Canalului Dunăre — Marea Neagră, şantierele de electrificare din ţară, dela hidrocentrala ,,V. I. Lenin'' dela Bicaz, dela termocentrala ,,Gh. Gheorghiu-Dej'' dela Doiceşti, precum şi un mare număr de colectivişti şi ţărani muncitori din împrejurimi, pentru a fi de faţă la inaugurarea acestei termocentrale, un adevărat izvor de lumină pentru întreaga regiune în care este instalată.

Termocentrala ,,Ovidiu II'' utilată cu cele mai perfecţionate maşini sovietice, este o nouă şi măreaţă victorie a poporului nostru muncitor pe drumul electrificării patriei noastre.

*

Centrala ,,Ovidiu II'' a fost proectată în întregime în U.R.S.S. de către institutul T.E.P. al M. C. E. Intregul echipament al uzinii, turbinele cu instalaţiile, camera de comandă cu aparatele de măsură, comandă şi automatizare, aparatajul pentru laboratoarele electrice, termotehnice şi chimice, utilajele pentru montaj etc. au fost construite în renumite uzini sovietice ca : ,,Electrosila'' din Leningrad, fabrica de turbine din Harcov etc.

Muncitorii, tehnicienii şi inginerii dela ,,Ovidiu II'' sub conducerea specialiştilor sovietici în frunte cu I. S. Minglin au executat aproape 600 de tone construcţii metalice : rezervoare, conducte, armături etc.

Inzestrată cu o serie de instalaţii necunoscute până acum în ţară cum ar fi de pildă, instalaţiile de declanşare automată a surselor de rezervă, regulatorul de tensiune al generatorului, comanda dela distanţă a agregatelor, aparatele de măsurat extrem de perfecţionate, termocentrala ,,Ovidiu II'' este cea mai modernă uzină construită până acum în ţara noastră.

De o înaltă perfecţiune tehnică este şi turbina, construită la uzinele Kirov din U.R.S.S., turbogeneratorul, cazanul, camera de comandă cu aparatele ei de mare precizie, etc.

Pentru prima dată s'a folosit în ţara noastră minunata metodă sovietică a montării cu subansamble. La cazanul primului grup de pildă, în locul vechiului sistem de montaj au fost folosite cu succes subansamblele :

Pereţii, scheletul metalic al cazanului — fiecare în greutate de 25 tone şi înalt de 22 metri — au fost asamblaţi în prealabil în poziţii orizontale şi abia după aceea au fost ridicaţi cu ajutorul troliilor electrici.

Astfel asamblarea nu a durat decât 2 ore în loc de 5 zile cât era programată.

Tamburul cazanului în greutate de peste 30 tone a fost ridicat datorită aceleeaşi metode la o înălţime de 22 m, în numai câteva ore fără nici un fel de efort fizic.

Nituirea scheletului metalic a fost înlocuită prin metoda sudurii electrice, asigurându-se o rezistenţă mai mare scheletului, obţinându-se totodată economii de timp şi de material.

Lucrările de montaj au fost aproape în întregime mecanizate.

Marile poduri rulante care ridică greutăţi de 50 t au permis ridicarea la înălţimi mari şi trans-

portarea în timp scurt a celor mai mari şi mai grele piese.

Muncitorii constructori, mecanicii, sudorii şi electricienii au muncit cu avânt însufleţit biruind nenumărate greutăţi.

Pe căldura înăbuşitoare a zilelor de vară aceştia au lucrat la o înălţime de 24 m prinşi în centuri de siguranţă.

La fel de grea a fost şi montarea podului rulant la o înălţime de peste 15 m, operaţie care a necesitat lucrări de tachelaj (transport, ridicare şi centrări la înălţime) de mare răspundere.

Cadrul termocentralei este solid şi puternic. Numai o singură grindă metalică pe care se sprijină acoperişul are o greutate de 6 t. Grinzile necesare acoperişului au fost ridicate la înălţimi de peste 30 m.

La o înălţime variind între 28 şi 37 m, trebuia să se toarne mii de metri pătraţi de placă din beton armat.

Au fost date gata la timp şi în bune condiţiuni toate lucrările de construcţii hidrotehnice, cum ar fi de exemplu priza de apă, canalul de aducţiune, canalul de evacuare, staţia de pompare şi altele, datorită muncii plină de eroism a minerilor veniţi din părţile Ardealului, colaboratori vrednici ai tovarăşilor muncitori dela Intreprinderea Energoconstrucţia care au executat lucrările de zidărie.

Muncitorii mineri au muncit în apă în câte două schimburi zile şi nopţi dearândul.

26 de pompe trăgeau apă din puternicele izvoare, iar la 1 Mai anul acesta lucrările hidrotehnice au fost gata.

Energia electrică produsă de către Uzina „Ovidiu II" va alimenta macaralele plutitoare, aceste agregate de proporţii gigantice care înlocuesc munca a mii de oameni, forezele electrice, una din ultimele cuceriri ale tehnicei sovietice, marea dragă NZ-20, draglina păşitoare etc.

Datorită intrării în funcţiune a termocentralei „Ovidiu II" lucrările canalului Dunăre — Marea Neagră păşesc astăzi într'o fază mai înaintată.

Numai într'o singură oră energia electrică produsă de primul grup electrogen al termocentralei poate asigura excavarea a 120 000 m³ pământ.

Largi perspective de desvoltare se deschid ţinuturilor dobrogene în urma punerii în funcţiune a termocentralei „Ovidiu II".

Industria Dobrogei va căpăta un puternic avânt prin intrarea în funcţiune a noilor linii ale fabricii de ciment Medgidia; întreprinderea metalurgică Medgidia va putea lucra de acum cu toată capacitatea ei de producţie.

O mare desvoltare vor lua toate uzinele care se înşiră dealungul canalului şi numeroasele fabrici.

Oraşele noi apărute dealungul traseului canalului — Năvodari — Poarta-Albă — Midia, etc. vor primi lumină electrică dela această termocentrală, precum şi satele dobrogene pe care regimul burghezo-moşieresc le ţinuseră în întuneric.

*

In statele imperialiste, în frunte cu Statele Unite, principalul efort este îndreptat spre desvoltarea forţelor şi armelor de distrugere, sume uriaşe fiind întrebuinţate pentru înarmări, pentru pregătiri războinice.

Potrivnic oricărui progres economic şi cultural, imperialismul american refuză să investească bani pentru construirea de lucrări menite să desvolte forţele de producţie. In schimb construeşte avioane cu care bombardează construcţiile energetice de pe fluviul Yalu.

In Iugoslavia, în care călăul Tito a importat cu fidelitate „modul de viaţă american", centralele electrice construite după cel de al doilea război mondial nu reprezintă nici 10% din ceea ce urma să se construiască, iar puterea lor instalată însumează deabia 2%. La hidrocentrala din Pesocina a fost îndeplinit în doi ani numai 8% din lucrările prevăzute a fi executate.

Impotriva clicilor militariste se ridică sute de milioane de oameni din lumea întreagă în frunte cu oamenii sovietici hotărîţi să apere pacea.

Canalul navigabil Volga-Don „V. I. Lenin" inaugurat recent, hidrocentralele de pe Volga, Nipru şi Amudaria sunt măreţe construcţii staliniste închinate bunei stări şi fericirii popoarelor. Construirea termocentralelor „Gh. Gheorghiu-Dej" dela Doiceşti şi „Ovidiu II" înseamnă o strălucită victorie a politicii noastre pentru pace.

Ca o cinstire şi o recunoaştere a meritelor deosebite în ridicarea acestor îndrăzneţe lucrări, Partidul şi Guvernul au acordat numeroase decoraţii constructorilor acestor termocentrale.

Punerea în funcţiunea centralelor termoelectrice „Gheorghe Gheorghiu-Dej" şi „Ovidiu II", în actualele condiţii când poporul muncitor din ţara noastră discută cu însufleţire Proiectul de Constituţie, înseamnă pentru muncitorii, tehnicienii şi inginerii din domeniul electricităţii un nou prilej de a-şi intensifica eforturile pentru realizarea măreţului nostru plan de electrificare.

TRANSFERUL ENERGIEI ELECTRICE

Prof. dr. ing. TUDOR TĂNĂSESCU
Membru coresp. al Academiei R. P. R.

Pentru a se adânci de către inginerii electricieni procesul de transformare, din aproape în aproape a energiilor într'un sistem de circuite electrice, se desvoltă în articolul de faţă relaţia de bază, care poate conduce la interpretarea şi localizarea în spaţiu a acestor energii. Fenomenele electrice, privite sub aspectul câmpului electromagnetic, cuprind într-o-deauna — fie că este o stare statică, staţionară, sau variabilă, fie că este o linie, transformator sau maşină electrică — curenţi energetici, având la bază fluxul vectorului Umov-Poynting. In articolul de faţă, se exemplifică aceasta în special pe cazul transformatorului, urmărind cum energia se transformă din primar în secundar.

Inginerii electricieni lucrează curent cu noţiunea de energie şi putere electrică în liniile şi maşinile electrice. Ei calculează cu formula UI puterea electrică care intră sau iese într'o linie sau maşină electrică; ei se mai preocupă de randamentul global şi pierderi care apar în linie sau maşină. Inginerii se preocupă deci de introducerea şi scoaterea energiei electrice în linii, maşini şi aparate. Ei însă nu se interesează în mod obişnuit de transformările interne ale energiei, de procesul fizic dela locul ei de intrare şi până la locul ei de eşire.

In primele numere ale revistei „Electricitatea" *) din acest an, s'a încercat să se trateze această ultimă problemă, ajungându-se la concluzia că în problemele de electrotehnică, acest proces de transfer trebue neapărat să fie legat de problemele interioare din conductori, de mersul electronilor, şi nu de câmpurile ce se produc în jurul conductorilor.

Vom vedea însă că lucrurile nu stau chiar aşa şi că aci în fapt câmpurile au rol esenţial în acest transport, atunci când se pune problema de a privi energia ca un atribut al materiei în mişcare, ascultând de legea conservării şi transformării energiei.

Se poate pune însă întrebarea dacă neapărat trebue să urmărim fizic din aproape în aproape energia în transformările ei din interiorul unui sistem şi dacă nu cumva este suficient a o privi ca o funcţiune matematică, potrivit definiţiei care ne măsoară în anumite puncte energia introdusă în circuit, iar în alte puncte măsoară energia extrasă. De fapt, aşa spuneam că privesc inginerii electricieni energia în aplicaţiile practice, ei nepreocupându-se de transformările ei interne.

Asupra acestui al doilea aspect al transmiterii energiei se va mai reveni la sfârşitul acestui articol.

Se poate spune dela început că aspectul principal sub care trebue privit transferul energiei electrice este acel al câmpurilor, întrucât numai acesta poate adânci fizic fenomenul şi dă o justificare legii conservării şi transformării energiei, în forma materialistă.

Desigur că se pune întrebarea, nu cumva în acest aspect se face abstracţie de procesele electronice care au loc în conductori?

Răspunsul este că electronul în stare statică şi dinamică nu poate fi despărţit de câmpurile ce el le provoacă în jur şi că energia electronului trebue să fie privită ca fiind energia din aceste câmpuri, electric şi magnetic.

Se ştie că în interiorul conductorilor avem deplasări de sarcini electrice; sarcinile acestea de densitatea ρ se deplasează datorită câmpului electric $\mathcal{E}$ din interiorul conductorilor, datorită forţelor elementare $\rho\mathcal{E}dv$, aplicate sarcinilor cuprinse în elementele de volum dv. Câmpul electric $\mathcal{E}$ din interiorul conductorilor este datorit în mod obişnuit unei diferenţe de potenţial creiată prin f.e.m. aplicate din exterior (pile) sau este datorit unei f.e.m. de inducţie. Forma liniilor de forţă electrice în interiorul conductorilor filiformi se ştie că este în lungul acestor conductori, se curbează odată cu ei, din cauza condiţiilor la limită ce trebue să satisfacă câmpul electric la suprafaţa conductorului.

Intr'adevăr se ştie că în Electrostatică liniile de forţă electrice nu există în interiorul conductorilor şi la exterior ele sunt normale pe suprafaţa conductorilor. In Electrocinetică, sarcinile se mişcă în conductori, în lungul lor, şi deci în aceleaşi direcţii se vor găsi şi forţele specifice $\mathcal{E}$ în conductori; la suprafaţa conductorilor în exterior va apare pe lângă componenţa normală, şi o componenţă tangenţială egală cu cea interioară. Acest aspect al câmpului electric este neglijat adesea de inginerul electrotehnician, el fiind obişnuit să privească cel mult aspectul câmpului magnetic din jurul unui conductor străbătut de curent.

Se spunea mai sus că sarcinilor ρdv li se aplică o forţă $\rho\mathcal{E}dv$ şi deci ele se pun în mişcare cu o viteză u, care este constantă în cazul curentului continuu şi variabilă în cazul curentului variabil, cum este curentul alternativ. Neapărat că sarcinile se mişcă după cum dictează câmpul $\mathcal{E}$. La un câmp $\mathcal{E}$ constant, avem curent continuu. Dar de fapt se ştie că o forţă constantă determină o mişcare accelerată, nu uniformă. Intr'adevăr, electronii liberi în mişcările lor proprii dezordonate, pe diverse direcţii, mai sunt antrenaţi în ansamblul lor într'o mişcare accelerată de către câmpul $\mathcal{E}$, pe direcţia lui. Dar, în ciocnirile ce le suferă electronii în mersul lor (efect Joule), viteza lor se reduce brusc la fiecare ciocnire, pentru ca un moment mai târziu să reînceapă o mişcare accelerată. Din punct de vedere macroscopic, dacă se ia statistic viteza medie u de înaintare a electronilor pe direcţia câmpului, se poate considera mişcarea sarcinilor ca fiind uniformă de viteză u. Acelaşi lucru se va putea spune despre câmpuri. De pildă, în timpul accelerării electro-

*) Electricitatea, 1–2 (1952).

nului, câmpul magnetic produs de el creşte, energia cinetică şi deci energia în câmpul magnetic creşte, repartizându-se în spaţiu cu densitate din ce în ce mai mare; în momentul ciocnirii, această energie a electronului se transformă în căldură, câmpul magnetic al electronului scade brusc şi o nouă perioadă de creştere începe. Dar se ştie că un câmp magnetic variabil este asociat cu apariţia unei componente de inducţie pentru câmpul electric. In modul acesta, câmpul electric al electronului pulsează şi el în ritmul ciocnirilor.

Când vorbim despre câmpul electric sau magnetic al unui conductor, înţelegem să vorbim despre valoarea medie statistică a câmpurilor elementare ale electronilor.

In aceste condiţii, teoria macroscopică a câmpurilor este intim legată de procesul elementar electronic din conductori.

In teoria macroscopică, sarcina ρdv în mişcare cu viteza u efectuează în unitatea de timp un lucru mecanic $\rho \mathcal{E} u dv$; pentru un volum v (fig. 1),

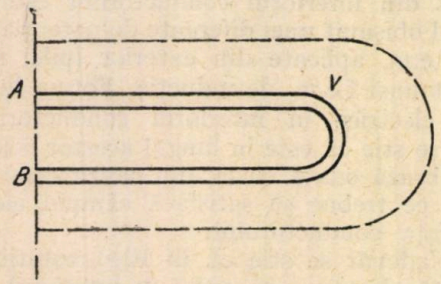


Fig. 1

care se presupune că în cazul de faţă conţine un conductor, lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp de sarcinile din conductor va reprezenta efectul Joule:

$$\tau = \int_v \rho \mathcal{E} u dv = \int_v (i\mathcal{E})\, dv$$

unde $i = u\rho$ este intensitatea curentului în conductor.

Integrala de fapt nu se efectuează în tot volumul v, ci numai în conductor, unde există sarcinile ρ, unde există densitatea de curent i. In baza acestei relaţii, s'ar spune că tot procesul energetic este concentrat în interiorul conductorului. Dar, în baza teoriei lui Maxwell, noi ştim că existenţa lui i şi $\mathcal{E}$ în interiorul conductorului antrenează câmpuri electrice şi magnetice în conductor şi afară din el, care câmpuri în orice punct satisfac condiţiile *):

$$c \operatorname{rot} H = 4\pi i + \dot{D}$$
$$c \operatorname{rot} \mathcal{E} = -\dot{B},$$

unde H şi B sunt câmpul magnetic şi inducţia magnetică (în unităţi CGSem), $\mathcal{E}$ şi D câmpul electric (în unităţi CGSes), i densitatea de curent (unităţi CGSes) şi c iuţeala luminii.

In prima relaţie, dacă ea este aplicată cazului din fig. 1, se va observa că termenul întâi din membrul II va exista numai în interiorul conductorului. Deasemenea, se va mai observa că în regim staţionar, în curent continuu, $\dot{D}$ şi $\dot{B}$ sunt nuli, dar relaţiile lui Maxwell rămân a fi satisfăcute, ca dealtfel şi în regimul static, când membrele II ale acestor relaţii sunt pretutindeni în spaţiu nule.

Deci, în fiecare punct din spaţiu, în jurul unor conductori, vor exista câmpuri $\mathcal{E}$ şi H, legate de densitatea de curent i din acel punct al spaţiului; câmpurile sunt definite prin cele două relaţii diferenţiale şi valorile lor vor depinde nu numai de aceste relaţii, ci şi de condiţiunile limită la suprafeţele de separaţie a mediilor, unde variază eventual. In acest sens, valorile lui $\mathcal{E}$ şi H sunt determinate şi de sarcinile de pe aceste suprafeţe.

Expresia lui τ, scrisă în funcţie de i şi $\mathcal{E}$ din conductor, se poate transforma şi scrie în funcţie de câmpuri. Dacă se înlocuieşte i prin valoarea ce rezultă din prima ecuaţie a lui Maxwell şi dacă se mai ţine seamă de relaţia:

$$div\,[\mathcal{E} H] = (H \operatorname{rot} \mathcal{E}) - (\mathcal{E} \operatorname{rot} H),$$

precum şi de cea de a doua relaţie a lui Maxwell.

Se găseşte astfel:

$$\tau = \int_v (i\mathcal{E})\, dv = -\frac{1}{8\pi}\frac{d}{dt}\int_v (\varepsilon \mathcal{E}^2 + \mu H^2)\, dv - \frac{c}{4\pi}\int_s \left[\mathcal{E} H\right] ds,$$

unde S este suprafaţa care închide volumul v.

Se observă în primul rând că, dacă până acum τ se exprima printr'o integrală, care se extindea numai asupra volumului conductorilor, de astădată, el se exprimă în funcţie de două integrale, care cuprind elemente distribuite atât în conductori, cât şi în afară de ei.

Inainte de a interpreta această relaţie, trebue să mai observăm că în cazul conductorilor simpli, se poate scrie relaţia:

$$i = \sigma \mathcal{E};$$

unde σ este conductibilitatea materialului din care este făcut conductorul şi deci

$$\tau = \int_v (i\mathcal{E})\, dv = \int_v \frac{i^2}{\sigma}\, dv.$$

Ultimul membru reprezintă efectiv căldura Joule (pe s).

In cazul când în lungul conductorului intervin în unele secţiuni câmpuri electromagnetice de contact $\mathcal{E}_0$ (de exemplu cazul pilelor), atunci se va scrie în acele secţiuni $i = \sigma(\mathcal{E} + \mathcal{E}_0')$ şi τ devine:

$$\tau = \int_v \frac{i^2}{\sigma}\, dv - \int_v (i\mathcal{E}_0)\, dv.$$

Se poate atunci spune că există în cazul circuitelor următoarea relaţie generală:

$$\int_v (i\mathcal{E}_0)\, dv - \int_v \frac{i^2}{\sigma}\, dv - \frac{1}{8\pi}\frac{d}{dt}\int_v (\varepsilon \mathcal{E}^2 + \mu H^2)\, dv - \frac{c}{4\pi}\int_s \left[\mathcal{E} H\right] ds = 0. \qquad (I)$$

*) Punctul deasupra unui simbol literal înseamnă aci derivata mărimii respective în raport cu timpul.

Ea se interpretează ca o relaţie de conservare şi transformare a energiilor, a puterilor; fiecare termen este astfel interpretat şi localizat în spaţiu ca un fel de energie care ascultă de legea conservării.

Energia se vede că este o caracteristică a materiei în mişcare, a sarcinii în mişcare.

Interpretând astfel fizic, se poate spune că primul termen reprezintă puterea introdusă în circuit de f.e.m. de contact (pile), în punctele unde ele sunt aplicate, al doilea termen reprezintă efectul Joule în conductori, al treilea termen reprezintă rapiditatea de variaţie a energiei înmagazinată în câmpuri (electric şi magnetic) şi însfârşit, al patrulea reprezintă fluxul energetic al vectorului Umov-Poynting prin suprafaţa închisă S ce cuprinde volumul v.

Este dela început de remarcat că relaţia este valabilă şi în regim staţionar, în c.c., când ea ia forma:

$$\int_v (i\,\mathcal{E}_0)\,dv - \int_v \frac{i^2}{\sigma}\,dv - \frac{c}{4\pi}\int_s \left[\mathcal{E}\,H\right] ds = 0.$$

Astfel, în cazul simplu al fig. 1, dacă presupunem că în volumul v nu avem f.e.m. de contact, vom scrie:

$$\int_v \frac{i^2}{\sigma}\,dv = -\frac{c}{4\pi}\int_s \left[\mathcal{E}\,H\right] ds$$

adică efectul Joule din conductor este acoperit de fluxul energetic Umov-Poynting, care intră în volum, în special prin regiunea AB a suprafeţei S.

Vectorul Umov-Poynting (fig. 2) există oridecâteori avem în prezenţă un câmp electric şi unul magnetic, deci şi în cazul regimului staţionar.

Insist mai mult asupra acestui fapt că vectorul Umov-Poynting este bine definit, atunci când s'au precizat valorile lui $\mathcal{E}$ şi H, iar fluxul lui — printr'o suprafaţă închisă — are un sens fizic nu numai în fenomenele de radiaţie a antenelor din regimul rapid de înaltă frecvenţă, aşa cum se interpretează de unii autori la noi în ţară, ci şi în regimul staţionar de c.c., sau chiar în regimul static (electrostatică şi magnetostatică).

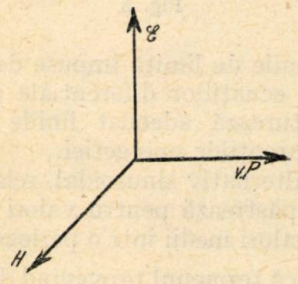


Fig. 2

Ecuaţiile lui Maxwell, scrise sub forma utilizată în demonstraţia de mai sus, se aplică atât în regimul static, cât şi în regimul staţionar, nu numai în regimul variabil. Vectorul lui Umov-Poynting rezultă din valorile lui $\mathcal{E}$ şi H, care întotdeauna trebue să satisfacă ecuaţiile lui Maxwell. Fluxul vectorului Umov-Poynting există oridecâteori avem în prezenţă câmpurile $\mathcal{E}$ şi H, independent dacă privim aceste câmpuri ca stând pe loc sau deplasându-se cu o viteză de propagare. De pildă, pentru a justifica transportul energiei pe o linie de c.c. prin fluxul vectorului Umov-Poynting, nu este nevoe să se facă ipoteza că liniile de forţe ale câmpurilor se deplasează cu viteza luminii, aşa cum se spune de către unii autori la noi *). Demonstraţia relaţiei (I), pe baza căreia s'a arătat că fluxul „Umov-Poynting este egal cu efectul Joule în fig. 1, în cazul c.c., nu necesită o ipoteză de deplasare în spaţiu a câmpurilor.

Interpretarea relaţiei (I), ca reprezentând energii localizate în spaţiu, este valabilă dacă aceste energii se consideră localizate în tot volumul v, sau fluxul vectorului Umov-Poynting se consideră pe o suprafaţă *închisă*.

Avem drept să spunem că energia în câmpul electric şi magnetic se repartizează în fiecare punct din spaţiu cu densitatea

$$\frac{1}{8\pi}\,\varepsilon\,\mathcal{E}^2 \text{ şi } \frac{1}{8\pi}\,\mu\,H^2.$$

Se pare că este justificată această repartiţie, întrucât relaţia (I) se poate aplica şi pentru volume foarte mici în jurul unui punct.

Nu acelaşi lucru se poate spune despre fluxul Umov-Poynting; adică dacă în fig. 3, putem

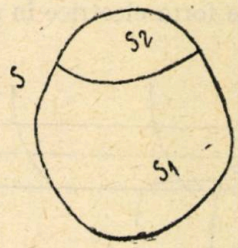


Fig. 3

spune că Φ fluxul Umov-Poynting reprezintă fluxul energetic, care iese din volumul închis al suprafeţei S, nu mai putem spune fizic că Φ_1 şi Φ_2, fluxurile corespunzătoare Umov-Poynting, reprezintă fluxurile parţiale de energie ce ies din volum, prin suprafeţele deschise corespunzătoare S_1 şi S_2. Intr'adevăr, relaţia (I) este valabilă numai pentru suprafeţe închise S.

Interpretarea că pe fiecare unitate din suprafaţa S ar ieşi pe secundă o energie $\frac{c}{4\pi}\left[\mathcal{E}\,H\right]$ este arbitrară, nefiind valabilă decât proprietatea integrală pe o suprafaţă închisă.

De pildă, dacă s'ar lua şi s'ar suprapune în spaţiu un câmp electric static, produs de un condensator şi un câmp magnetic produs de un magnet permanent, evident că în fiecare punct din spaţiu, vom găsi un vector Umov-Poynting; s'ar deduce atunci că prin fiecare punct există o circulaţie de energie. Afirmaţia aceasta bineînţeles că nu poate fi acceptată logic într'o stare statică şi deaceea, unii au tras concluzia că în regim static

*) Electricitatea, 5 (1951)

(sau staţionar) nu se mai poate aplica fluxul Umov-Poynting. Concluzia este greşită, întrucât contradicţia are de fapt altă explicare. Intr'adevăr, nu este permis a calcula energia cu vectorul Umov-Poynting, decât luând fluxul printr'o suprafaţă închisă şi nu pe o suprafaţă parţială deschisă. Evident că în cazul static, fluxul total pe o suprafaţă închisă este zero:

$$\int_s \left[\mathcal{E}_0 H_0\right] ds = \int_v div \left[\mathcal{E}_0 H_0\right] dv =$$

$$= \int_v (H_0 \operatorname{rot} \mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_0 \operatorname{rot} H_0)\ dv = 0$$

căci:

$$\operatorname{rot} \mathcal{E}_0 = 0 \quad \text{şi} \quad \operatorname{rot} H_0 = 0.$$

Aceasta înseamnă că în cazul static considerat, din punct de vedere matematic, pe o porţiune a suprafeţei iese un flux şi pe restul suprafeţei intră un flux de aceeaşi valoare, dar fluxul total — care numai el reprezintă energia — este tot timpul zero.

Aceasta este o restricţie pentru interpretarea locală a vectorului Umov-Poynting, ca reprezentând acolo fluxul energetic.

Dar relaţia (I) ne dă o interpretare fizică a transferului energiei, reuşind să identifice în orice moment unde se localizează energia, pe care o introducem în volum.

Astfel, se ştie, că într'o linie de transport (fig. 4) de c. c., liniile de forţă electrice în conductor sunt

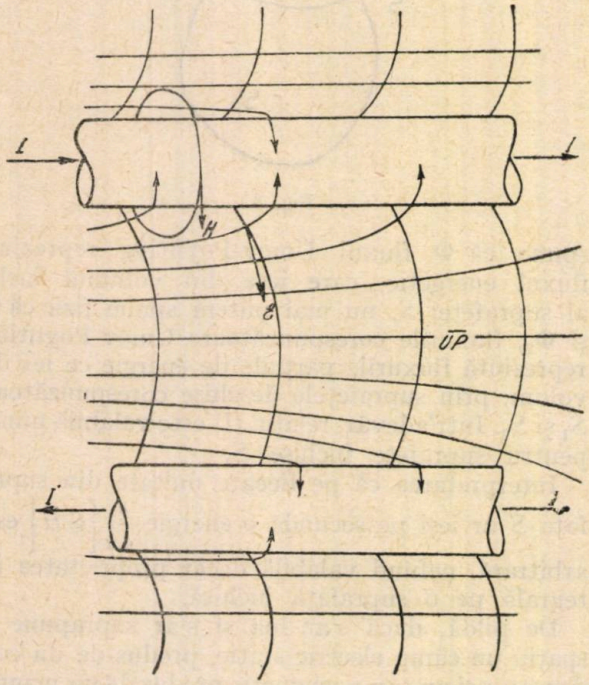


Fig. 4

în lungul lui, iar în afară din conductor, ele ies practic perpendicular. Liniile de forţă magnetice sunt aproape cercuri în jurul conductorilor. Rezultă atunci în fiecare punct vectorii Umov-Poynting şi liniile de curent energetic, care ne arată mersul fluxului de energie dela sursă la receptor. Energia se transportă în exteriorul conductorilor.

Se vede totuşi cum mai pătrunde în conductor vectorul Umov-Poynting prin suprafaţa laterală; efectul Joule în conductor este susţinut de fluxul energetic ce intră prin suprafaţa laterală.

Se poate arăta riguros că fluxul Umov-Poynting, printr'un plan AB la intrarea liniei (fig. 1) este egal cu produsul UI.

Deasemenea, se poate arăta riguros că fluxul Umov-Poynting, ce intră prin suprafaţa laterală a unei porţiuni de conductor, este RI^2, unde R este rezistenţa electrică a acelei porţiuni de conductor.

Dacă sarcina rezistivă dela capătul liniei variază şi cere un curent mai mare pe linie, creşte câmpul magnetic şi deci vectorul Umov-Poynting; fluxul transmis creşte astfel proporţional cu puterea transportată.

Iată cum liniile de forţă magnetice şi cele electrice servesc de schelă curenţilor energetici, care în exteriorul conductorilor transportă energia utilă receptorului.

Iată cum liniile de forţă electrice în exteriorul conductorului, neglijate în general de inginerul electrician, sunt suportul principal al transportului de energie.

Desigur că se mai pune întrebarea la ce mai servesc conductorii? Rolul lor este foarte important, căci ei dirijează reţeaua de linii de forţe, aşa încât energia să se îndrepte spre receptor.

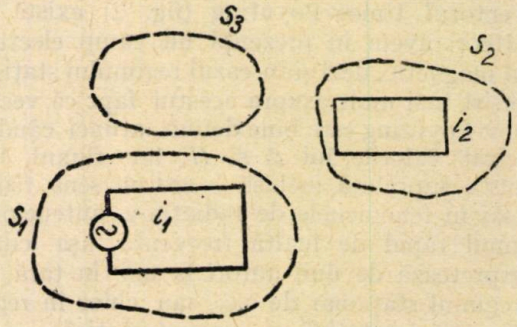


Fig. 5

Prin condiţiunile de limită impuse de conductori, în integrarea ecuaţiilor diferenţiale ale lui Maxwell, se conturează adecuat liniile de forţă şi deci liniile curenţilor energetici.

In curent alternativ sinusoidal, relaţia (I) bine-înţeles că se păstrează pentru valori instantanee. Dacă se iau valori medii într'o perioadă, va trebui să se observe că termenul provenind din $\frac{d}{dt}\left(\varepsilon \mathcal{E}^2 + \right.$ $\left. + \mu H^2\right)$ este zero, întrucât $\mathcal{E}$ şi $\frac{d\mathcal{E}}{dt}$ variază în cuadratură. Deci, se va scrie ca şi în c.c.:

$$\int_v \left(i\, \mathcal{E}_0\right) dv - \frac{i^2}{\sigma} dv - \frac{c}{4\pi} \int_s \left[\mathcal{E} H\right] ds = 0,$$

$\mathcal{E}_0$ fiind câmpul imprimat eventual de un alternator.

Astfel, în fig. 5, fluxul vectorului Umov-Poynting, respectiv prin suprafeţele S_1, S_2 şi S_3, are următoarele valori în c.a. (frecvenţa industrială)

$$S_1 = \int (i\,\mathcal{E}_0)\,dv - \int \frac{i_1^2}{\sigma}\,dv \qquad \text{(energia iese)}$$

$$S_2 = -\int \frac{i^2 2}{\sigma}\,dv \qquad \text{(energia intră)}$$

$$S_3 = 0.$$

In cazul curentului continuu, fluxul corespunzător ar fi fost nul şi în primele două cazuri.

Se vede cum cele două circuite, respectiv din S_1 şi S_2, pot fi considerate ca înfăşurările primară şi secundară într'un transformator.

Prin teoria că energia electrică s'ar transmite prin electroni, nu s'ar putea explica cum sare energia din circuitul *1* în circuitul *2*; trebue să se admită localizarea în spaţiu în câmpuri, şi transformarea energiei din aproape în aproape, printr'o suprafaţă de trecere, cu ajutorul fluxului vectorului Umov-Poynting.

Examinat mai în detaliu cazul transformatorilor industriali, se constată situaţia arătată de fig. 6 şi 7.

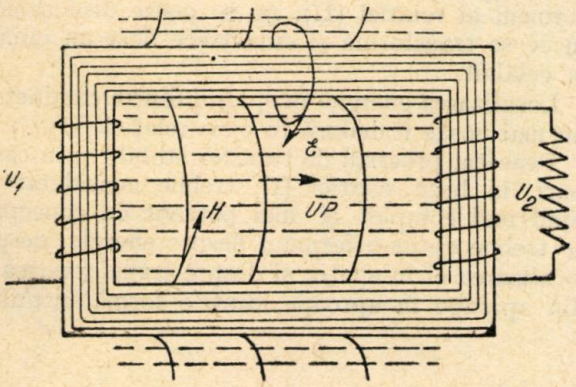


Fig. 6

In prima figură, se vede, în cazul înfăşurărilor nesuprapuse, cum traseul liniilor de forţă magnetice există în principal prin miezul de fier şi foarte puţine se derivă prin aer sub forma fluxului de scăpări; este de observat că acest flux de scăpări creşte odată cu creşterea sarcinii absorbite de secundar, întrucât creşte în aceeaşi măsură forţa contramagnetomotoare, în înfăşurarea secundară şi sileşte o parte din liniile de forţă să scape prin aer (de fapt, după Maxwell mai apare o componentă suplimentară a câmpului magnetic, datorită variaţiei câmpului electric).

Amplitudinea fluxului produs de înfăşurarea primară rămâne practic constantă, aşa încât, odată cu creşterea puterii transmise în secundar, scade fluxul total în această înfăşurare.

Se poate spune că la scurt-circuit, dacă secundarul n'ar avea rezistenţă, fluxul în secundar este zero şi tot fluxul din primar devine flux de scăpări.

In mod obişnuit însă, transformatorii industriali lucrează departe de scurt-circuit, şi fluxul de scăpări este o mică fracţiune din fluxul principal; totuşi, este de remarcat că el creşte proporţiona cu puterea absorbită în secundar.

In ce priveşte câmpul electric, el este un câmp de inducţie datorită variaţiei inducţiei B, în special din miezul de fier; liniile de forţă ale câmpului electric sunt aproape nişte cercuri în jurul miezului de fier (sau chiar în interiorul lui).

Atunci, vectorul Umov-Poynting în miezul de fier are o poziţie radială spre centrul lui, iar în exterior, în fluxul magnetic de scăpări, are o poziţie îndreptată dela primar spre secundar.

In primul caz, se poate arăta că $\mathcal{E}$ şi H variază aproape în cuadratură, aşa încât fluxul energetic este aproape zero şi este îndreptat dela suprafaţa exterioară a miezului spre centrul miezului. Se poate demonstra riguros că acest flux corespunde pierderilor în fier (Hysteresis şi Foucault).

In afară de miez, $\mathcal{E}$ şi H variază în fază, dacă sarcina în secundar este rezistivă şi fluxul vectorului Umov-Poynting devine egal cu puterea transmisă dela primar la secundar.

In modul acesta, energia nu se transmite prin miezul de fier, ci prin aer, cu ajutorul liniilor magnetice de scăpări şi a celor electrice de inducţie. Cadrul miezului de fier serveşte la dirijarea liniilor de forţă magnetice şi electrice, aşa încât fluxul energetic să se dirijeze în mod potrivit dela primar la secundar.

Orice variaţie a sarcinii în secundar atrage o modificare a fluxului Umov-Poynting, prin schimbarea câmpului magnetic de scăpări.

Faptul că avem fier în jurul circuitelor, nu schimbă practic forma relaţiei (I), în cazul curentului alternativ industrial. Vectorul Poynting este dat tot de expresia $\frac{c}{4\pi}\left[\mathcal{E}H\right]$.

Procesul de transfer, în cazul transformatorului industrial, este analog cu cel din liniile electrice, cu înlocuirea liniilor de forţă magnetice, prin linii de forţă electrice şi invers.

In fig. 7, se arată situaţia în cazul unor înfăşurări suprapuse, când liniile magnetice de scăpări

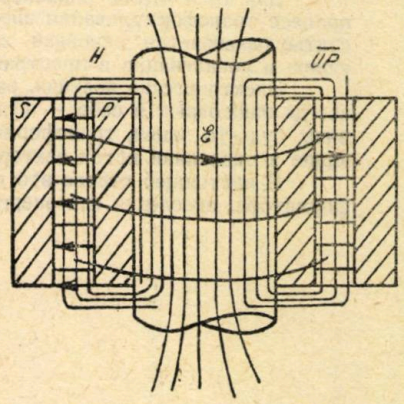


Fig. 7

sunt longitudinale între înfăşurări, liniile de forţă electrice sunt practic cercuri în jurul sâmburelui de fier, iar liniile energetice Umov-Poynting sunt linii radiale.

In modul acesta, energia trece din înfăşurarea primară în înfăşurarea secundară prin curenţi energetici localizaţi în spaţiu, în aer, între cele două înfăşurări.

Consideraţiuni similare se pot face şi pentru maşinile electrice, unde circuitele nu mai sunt în repaus. Se explică astfel procesul de transfer a energiei prin intrefier.

Dar dacă se revine la travaliul τ al forţelor elementare $\rho \mathcal{E} dv$, dintr'un conductor:

$$\tau = \int_v (i\,\mathcal{E})\, dv,$$

se mai poate desvolta o expresie pentru τ, în funcţie de sarcini şi potenţiale.

Se ştie că la o anumită distribuire de sarcini şi curenţi în conductori, se poate defini în fiecare punct din spaţiu un potenţial scalar φ şi unul vector A, din care se deduc câmpul electric şi cel magnetic în acel punct. Astfel, avem relaţia:

$$\mathcal{E} = -\operatorname{grad} \varphi - \dot{A}.$$

In locul relaţiei (I), se deduce:

$$\int_v (i\,\mathcal{E}_0)\, dv - \int_v \frac{i^2}{\sigma} dv - \int_v (i\,\dot{A})\, dv - \int_s \dot{\eta}\varphi\, ds = 0, \qquad \text{(II)}$$

unde $\dot{\eta}$ este densitatea superficială de sarcini electrice la suprafaţa conductorilor.

Prima integrală se reduce la punctele unde se introduc f.e.m. de contact, integrala a doua se referă la interiorul conductorilor în care se produc efecte Joule, integrala a treia se referă tot la conductori, unde există densităţile de curent i, iar ultima integrală se referă la suprafaţa conductorilor, acolo unde densitatea $\dot{\eta}$ a sarcinilor poate varia.

Integrala a treia reprezintă energia scoasă din circuit de f.e.m. de inducţie, iar cea de a patra reprezintă energia transferată prin curenţii de deplasare, ce ies prin suprafaţa conductorilor.

Această relaţie energetică se leagă deci numai de conductori şi nu de întreg spaţiul din jurul conductorilor; ea nu permite urmărirea energiei într'un proces de transformare din aproape în aproape dela un circuit la altul, ci arată cum energia, sub una din cele patru forme, apare sau dispare din anumite circuite, pentruca să dispară sau să apară în alte circuite.

Nu s'a luat în considerare mai sus aspectul radiaţiei prin vectorul Umov-Poynting, în cazul regimului rapid variabil, al curenţilor de înaltă frecvenţă, întrucât nu este scopul acestui articol să intre şi în domeniul radiotehnicii, care dealtfel este destul de bine cunoscut din literatura tehnică de specialitate.

In cazul regimului variabil în relaţia (II), φ şi $\dot{A}$ reprezintă potenţialele întârziate, şi deci rezultă că transferul energiei dintr'un circuit într'altul se face cu oarecare întârziere. Energia care dispare sau apare în circuit, prin ultimii doi termeni ai relaţiei (II), nu se poate deci urmări în ce se transformă şi cum trece dela un circuit la celălalt.

Localizarea energiei în spaţiul dintre conductori nu mai poate fi dedusă în baza relaţiei (II).

Deaceea, procesul de transfer stabilit prin câmpuri, în baza relaţiei (I), trebue considerat ca fiind mai complet şi mai potrivit cu concepţia ce trebue să ne-o formăm despre energie, despre localizarea ei în spaţiu şi despre transformarea ei din aproape în aproape, dintr'o formă într'alta.

★

ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Резюме

Для того чтобы инженеры электротехники уточнили себе как можно лучше процесс трансформирования энергии в какой либо системе электрических сетей, в этой статье развивается основная зависимость, которая может привести к интерпретированию и локализации в пространстве этих энергий.

Электрические явления, рассматриваемые под видом электромагнетического поля всегда заключают в себе — лудь-то статическое, стационарное или переменное состояние, будь-то линия, трансформатор или электромашина — энергетические токи, имеющие в основании поток вектора Умов Пойнтинг.

В настоящей статье это выявляется примерами в особенности для случая трансформатора, преследуя как энергия трансформируется из первичной во вторичную.

★

EFECTUL PELICULAR IN CAZUL CONDUCTORILOR BIMETALICI

Prof. ing. I. CONSTANTINESCU

Prin introducerea firului bimetalic în construcţia liniilor aeriene de telecomunicaţii se pune între altele şi problema de a predetermina rezistenţa electrică a acestui fir la înaltă frecvenţă. Se stabilesc formulele pentru calculul impedanţei interne şi se dau tabele pentru constantele arbitrare ce intervin în formule la diferite frecvenţe, spre a se uşura calculul.

Rolul acestui articol este să dea posibilitatea oricărui tehnician să calculeze rezistenţa şi inductanţa internă a unui conductor bimetalic la orice frecvenţă.

In acest scop, pe lângă consideraţiile teoretice care au condus la stabilirea formulelor de calcul, s'au întocmit şi tabelele necesare pentru a uşura aplicarea acestor formule, dându-se şi un exemplu numeric care arată cum se pot folosi acele tabele.

Se înţelege prin conductori bimetalici conductorii formaţi dintr'o inimă de oţel acoperită cu o cămaşe de cupru având o grosime de câteva zecimi de milimetru.

In tehnica telecomunicaţiilor, conductorii bimetalici pot înlocui în anumite condiţiuni conductorii masivi, realizându-se astfel o mare economie de cupru.

Această economie este făcută posibilă prin efectul pelicular, care se manifestă la frecvenţele înalte şi care — după expresia obişnuită — duce curentul la suprafaţa conductorului.

In tehnica frecvenţelor înalte, efectul pelicular se explică mai degrabă prin pătrunderea câmpului electromagnetic şi implicit a densităţii de curent în masa conductorului.

Energia electrică este transportată dela sursă spre sarcină de către câmpul electromagnetic ce se propagă dealungul liniei de transmisie, prin spaţiul dintre conductori care servesc mai mult ca un ghid pentru acest transport.

Dacă conductorii nu sunt perfecţi, cu alte cuvinte dacă — cum este cazul în practică — conductivitatea lor nu este infinită, atunci o parte din energia ghidată de ei pătrunde şi în conductori, unde se transformă în căldură prin efectul Joule-Lenz.

Când frecvenţa este mare, adică atunci când adâncimea de pătrundere este mică, partea centrală a conductorilor rămâne nefolosită de curent şi deaceea ea poate fi înlocuită cu un material mai ieftin şi mecanic mai rezistent decât cuprul, cum este oţelul.

In cazul unui conductor omogen adâncimea de pătrundere este dată de expresia :

$$s = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu g}}$$

unde : f — frecvenţa curentului ;
μ — permeabilitatea conductorului ;
g — conductivitatea materialului.

In sistemul de unităţi practice raţionalizate pe care-l vom întrebuinţa în cele ce urmează

$$\mu = \mu_0 \mu_r = \mu_r \times 4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$$

unde μ_r este permeabilitatea relativă dată de tabele.

Impedanţa internă a unui conductor cilindric omogen, pe unitatea de lungime, este dată după cum se ştie de formula :

$$Z_i = \frac{k J_0 (ka)}{2\pi ag J_1 (ka)} = \frac{E_a}{I} \qquad (1)$$

unde : E_a — câmpul electric la suprafaţa conductorului ;
I — curentul total ce trece prin conductor ;
a — raza conductorului ;
$k = \sqrt{-j\omega\mu g}$
$j = \sqrt{-1}$.

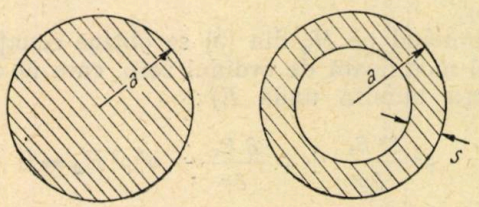
In sfârşit J_0 şi J_1 sunt funcţiile lui Bessel de speţa întâi şi respectiv de ordinul zero şi unu.

Rezistenţa internă R şi reactanţa internă ωL se obţin din (1) separând partea reală de cea imaginară.

Se obţine astfel :

$$Z_i = R + j\omega L. \qquad (2)$$

Denumirea de adâncime de pătrundere provine din faptul că s este grosimea unui conductor tubular, fig. 1, *b*, care în curent continuu are aceeaşi rezistenţă pe care o are în curent alternativ conductorul masiv, fig. 1, *a*, de acelaşi diametru exterior ca şi conductorul tubular.



a) *b)*

Fig. 1

De fapt în curent alternativ distribuţia densităţii de curent în conductorul masiv nu este aşa de simplă ca a curentului continuu în conductorul tubular.

Distribuţia reală a densităţii de curent ascultă de ecuaţiile lui Maxwell pentru o undă de curent, care se propagă dela periferia conductorului spre axul lui. De aci şi denumirea de pătrundere.

In cazul conductorului bimetalic, impedanţa internă va fi dată de o formulă care urmează să fie stabilită.

În acest scop se vor întrebuința notațiunile:
$2a$ — diametrul inimei de oțel;
$2b$ — diametrul exterior al conductorului bimetalic;
$b-a$ — grosimea stratului de cupru.

Conductorii fiind cilindrici, se vor întrebuința coordonatele cilindrice (ρ, φ, z).

Se va nota cu $E_z(b)$ și $H_\varphi(b)$ câmpul electric și câmpul magnetic de pe suprafața conductorului, pentru partea de undă electromagnetică ce se propagă dela suprafață spre axul conductorului.

În sistemul de unități raționalizate, curentul total din conductor este:

$$I = 2\pi b H_\varphi(b).$$

Impedanța internă este atunci:

$$Z_i = \frac{E_z(b)}{2\pi b H_\varphi(b)}. \tag{3}$$

Unda electromagnetică (E_z, H_φ), care pleacă de pe suprafața conductorului și merge radial spre axul lui, ascultă de legile lui Maxwell.

În cazul de față unda fiind cilindrică satisface condițiile:

$$\frac{\partial}{\partial\varphi} = 0; \frac{\partial}{\partial z} = 0; E_\rho = 0; H_\rho = 0. \tag{4}$$

Ecuațiile lui Maxwell în regim periodic se reduc atunci la sistemul:

$$\frac{\partial E_z}{\partial\rho} = j\omega\mu H_\varphi \qquad \frac{\partial}{\partial\rho}(\rho H_\varphi) = (g + j\omega\varepsilon)\rho E_z \tag{5}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial\rho}(\rho E_\varphi) &= -j\omega\mu\rho H_z \\ \frac{\partial H_z}{\partial\rho} &= -(g + j\omega\varepsilon) H_\varphi \end{aligned} \tag{6}$$

unde g, ε, μ sunt respectiv conductanța, constanta dielectrică și permeabilitatea mediului conductor.

Eliminând pe H_φ din (5) se obține ecuația lui Bessel modificată de ordinul zero, care ne dă pe E_z (așa numita undă E):

$$\rho^2 \frac{\partial^2 E_z}{\partial\rho^2} + \rho \frac{\partial E_z}{\partial\rho} - \sigma^2\rho^2 E_z = 0 \tag{7}$$

unde:

$$\sigma = \sqrt{j\omega\mu(g + j\omega\varepsilon)} = jk \tag{8}$$

este constanta de propagare intrinsecă a mediului. În cazul de față, mediul fiind conductor, susceptanța $\omega\varepsilon$ poate fi neglijată față de conductivitatea g. Atunci σ se reduce la

$$\sigma = \sqrt{j\omega\mu g}. \tag{9}$$

O ecuație similară cu (7) se poate găsi și pentru unda H_z (unda H).

Adoptând indicele 1 pentru cupru și 2 pentru oțel, soluția ecuației (7) capătă, pentru cupru, forma:

$$E_{1z}(\rho) = A J_0(\sigma_1\rho) + B H_0^{(1)}(\sigma_1\rho) \tag{10}$$

unde A și B sunt constante arbitrare, iar J_0 și $H_0^{(1)}$ sunt respectiv funcțiile lui Bessel și Hankel de ordinul zero.

Pentru oțel soluția este de forma:

$$E_{2z} = C J_0(\sigma_2\rho). \tag{11}$$

Funcția lui Hankel lipsește în cazul de față fiindcă ea devine infinită în punctul $\rho = 0$.

Odată ce am găsit câmpul electric E_z, câmpul magnetic H_φ poate fi determinat din prima ecuație (5).

În felul acesta se obțin pentru cupru, respectiv oțel, valorile:

$$-H_{1\varphi}(\rho) = \frac{1}{\eta_1}\left[A J_1(\sigma_1\rho) + B H_1^{(1)}\right](\sigma_1\rho) \tag{12}$$

$$-H_{2\varphi}(\rho) = \frac{1}{\eta_2} C J_1(\sigma_2\rho). \tag{13}$$

Aci η este impedanța intrisecă a mediului:

$$\eta = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{g + j\omega\varepsilon}} \simeq \sqrt{j\omega\mu/g} \tag{14}$$

iar J_1 și $H_1^{(1)}$ sunt funcțiile lui Bessel și Hankel de ordinul unu.

În punctul $\rho = a$, adică pe suprafața de separație între cupru și oțel, condițiile de continuitate dau:

$$E_{1z} = E_{2z} \text{ și } H_{1\varphi} = H_{2\varphi}. \tag{15}$$

Prin urmare:

$$A J_0(\sigma_1 a) + B H_0^{(1)}(\sigma_1 a) = C J_0(\sigma_2 a) \tag{16}$$

$$A J_1(\sigma_1 a) + B H_1^{(1)}(\sigma_1 a) = \frac{\eta_1}{\eta_2} C J_1(\sigma_2 a). \tag{17}$$

De aci se pot scoate constantele arbitrare:

$$\frac{A}{C} = \frac{J_0(\sigma_2 a) H_1^{(1)}(\sigma_1 a) - \frac{\eta_1}{\eta_2} J_1(\sigma_2 a) H_0^{(1)}(\sigma_1 a)}{J_0(\sigma_1 a) H_1^{(1)}(\sigma_1 a) - J_1(\sigma_1 a) H_0^{(1)}(\sigma_1 a)} \tag{18}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{\eta_1}{\eta_2} J_0(\sigma_1 a) J_1(\sigma_2 a) - J_1(\sigma_1 a) J_0(\sigma_2 a)}{J_0(\sigma_1 a) H_1^{(1)}(\sigma_1 a) - J_1(\sigma_1 a) H_0^{(1)}(\sigma_1 a)}. \tag{19}$$

Pe de altă parte ecuațiile (3), (10) și (12) ne dau pentru $\rho = b$:

$$Z_i = \frac{\eta_1}{2\pi b} \frac{A J_0(\sigma_1 b) + B H_0^{(1)}(\sigma_1 b)}{A J_1(\sigma_1 b) + B H_1^{(1)}(\sigma_1 b)} \tag{20}$$

unde, dacă înlocuim pe A și B cu valorile lor din (18) și (19), se obține expresia finală a impedanței conductorului bimetalic *).

În practică aceste formule sunt greu de folosit chiar dacă dispunem de tabelele funcțiilor cilindrice Bessel și Hankel.

*) O formulă analoagă se găsește în tratatul sovietic „Teoria Sveazi po provodam" de Aculșin, Kosceev și Kulbațki, în care se folosesc funcțiunile Neuman în locul funcțiilor Hankel.

De aceea este de dorit, spre a se uşura calculul, să se întocmească tabele cel puţin pentru constantele arbitrare A şi B din (18) şi (19). Odată întocmite tabelele, calculul indicat de (20) devine mult mai uşor.

Se poate observa că numitorul expresiilor (18) şi (19) dispare din (20). Se poate deci lua ca valori ale constantelor arbitrare A şi B numai numărătorul expresiilor din (18 şi (19)).

Deci :

$$A = J_0(\sigma_2 a)\, H_1^{(1)}(\sigma_1 a) - \frac{\eta_1}{\eta_2} J_1(\sigma_2 a)\, H_0^{(1)}(\sigma_1 a) \quad (18')$$

$$B = \frac{\eta_1}{\eta_2} J_0(\sigma_1 a)\, J_1(\sigma_2 a) - J_1(\sigma_1 a)\, J_0(\sigma_2 a). \quad (19')$$

DATE PENTRU CALCULUL TABELELOR

Valorile numerice ale lui μ şi g pentru cupru şi oţel în sistemul practic raţionalizat de unităţi sunt :

Pentru cupru : $\mu_1 = 1{,}257 \times 10^{-6}$ H/m ;
$g_1 = 5{,}80 \times 10^7$ mho/m
Pentru oţel : $\mu_2 = 125{,}7 \times 10^{-6}$ H/m ;
$g_2 = 0{,}71 \times 10^7$ mho/m
Deci : $\mu_1 g_1 = 72{,}88$; $\mu_2 g_2 = 892$

Rezultă de aci următoarele relaţii numerice :

$$\sqrt{\mu_1 g_1} = 8{,}54 ; \qquad \sqrt{\mu_2 g_2} = 29{,}9$$

Prin urmare :

$$\sqrt{\mu_2 g_2} = 3{,}5 \sqrt{\mu_1 g_1} \quad (21)$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \sqrt{\frac{\mu_1 g_2}{\mu_2 g_1}} = 0{,}035 \cdot \quad (22)$$

Aceste relaţii sunt independente de diametrul firului şi de grosimea stratului de cupru. Prin urmare ele rămân valabile în toate cazurile.

Pentru a caracteriza firul bimetalic se obişnueşte a se lua, fie conductanţa firului bimetalic faţă de conductanţa firului masiv de cupru de acelaşi diametru, fie greutate cuprului din firul bimetalic faţă de greutatea firului de cupru masiv de acelaşi diametru ca şi firul bimetalic.

In primul caz se găseşte :

$$a = b \sqrt{\frac{1-c}{1-r}} \quad (23)$$

unde : a — raza inimei de oţel ;
b — raza firului bimetalic ;
c — conductanţa relativă a firului bimetalic faţă de conductanţa firului de acelaşi diametru ;
r — raportul dintre rezistivitatea cuprului şi a oţelului. Acest raport are în general valoarea $r = 0{,}13$.

Raportul a/b dintre raza inimei de oţel şi raza firului bimetalic pentru diferite conductanţe relative este dat de curba *1* din fig. 2.

In al doilea caz raza inimei de oţel este dată de :

$$a = b \sqrt{1-p} \quad (24)$$

unde : p — greutatea relativă a cuprului din firul bimetalic faţă de greutatea firului masiv de cupru de acelaşi diametru ca firul bimetalic.

Raportul a/b pentru diferite valori ale lui p este dat de curba *2* din fig. 2.

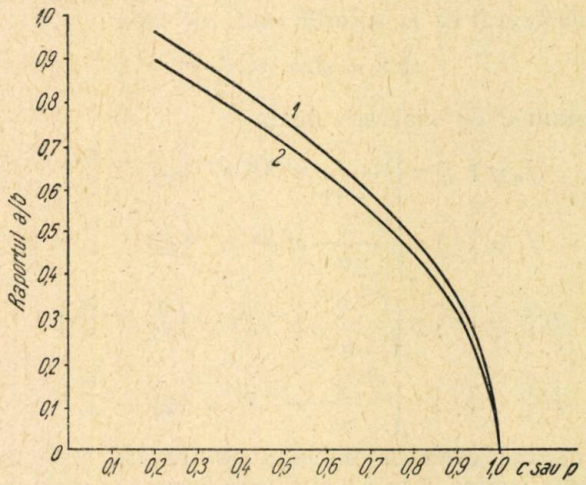


Fig. 2

Grosimea stratului de cupru pentru conductanţa relativă c, este dată de :

$$b - a = b\left(1 - \sqrt{\frac{1-c}{1-r}}\right) \quad (23')$$

iar pentru o greutate relativă p, este dată de :

$$b - a = b\,(1 - \sqrt{1-p}). \quad (24')$$

Revenind la expresia (9) a lui σ şi la relaţia numerică (21) se găseşte :

$$\sigma_1 a = a\sqrt{j\,\omega\,\mu_1 g_1} = r_1\sqrt{j}$$
$$\sigma_2 a = a\sqrt{j\,\omega\,\mu_2 g_2} = r_2\sqrt{j}$$

în care :

$$r_1 = a\sqrt{\omega\,\mu_1 g_1} \quad (25)$$
$$r_2 = a\sqrt{\omega\,\mu_2 g_2} = 3{,}5\ r_1. \quad (26)$$

Ultima relaţie ne permite să luăm ca variabilă independentă r_1 pentru constantele arbitrare A şi B.

Cu ajutorul acestor observaţii se poate proceda la calculul constantelor folosind tabelele Jahnke-Emde care dau valorile lui $J(r\sqrt{j})$ şi $H^{(1)}(r\sqrt{j})$ în modul şi argument.

Cum însă tabelele dau valorile funcţiilor numai până la valoarea $r = 10$, pentru valori mai mari se întrebuinţează expresiile asimptotice

$$J_0(v) \cong \sqrt{\frac{2}{\pi v}} \cos\left(v - \frac{\pi}{4}\right)$$
$$J_1(v) \cong \sqrt{\frac{2}{\pi v}} \cos\left(v - \frac{3\pi}{4}\right)$$
$$H_0^{(1)}(v) \cong \sqrt{\frac{2}{\pi v}}\, e^{j\left(v - \frac{\pi}{4}\right)}$$
$$H_1^{(1)}(v) \cong \sqrt{\frac{2}{\pi v}}\, e^{j\left(v - \frac{3\pi}{4}\right)} .$$

În cazul de față

$$v = r\sqrt{j} = r\frac{1+j}{\sqrt{2}} = re^{j\frac{\pi}{4}}.$$

Ținând seama de relațiile

$$\cos jx = \operatorname{ch} x \quad \text{și} \quad \sin jx = j \operatorname{sh} x$$

și de faptul că la valorile mari ale lui r:

$$\operatorname{ch} x = \operatorname{sh} x = \frac{1}{2}e^{x}$$

formulele de mai sus devin:

$$J_0(r\sqrt{j}) \simeq \sqrt{\frac{1}{2\pi r}}\, e^{r/\sqrt{2}}\, e^{-j\left(\frac{r}{\sqrt{2}} - \frac{\pi}{8}\right)}$$

$$J_1(r\sqrt{j}) \simeq \sqrt{\frac{1}{2\pi r}}\, e^{r/\sqrt{2}}\, e^{-j\left(\frac{r}{\sqrt{2}} - \frac{5\pi}{8}\right)}$$

$$H_0^{(1)}(r\sqrt{j}) \simeq \sqrt{\frac{2}{\pi r}}\, e^{-r/\sqrt{2}}\, e^{j\left(\frac{r}{\sqrt{2}} - \frac{3\pi}{8}\right)}$$

$$H_1^{(1)}(r\sqrt{j}) \simeq \sqrt{\frac{2}{\pi r}}\, e^{-r\sqrt{2}}\, e^{j\left(\frac{r}{\sqrt{2}} - \frac{7\pi}{8}\right)}.$$

Făcând calculele indicate de (18') și (19') se găsesc pentru A și B valorile indicate în tabela 1.

Tabela 1

Valorile lui A și B pentru diferite valori ale lui r_1 în modul și argument

	$A = M\,\underline{\theta}$		$B = M\,\underline{\theta}$	
r_1	M	θ	M	θ
0,2	3,153	— 1,5515	0,0936	— 1,5384
0,4	1,612	— 1,7276	0,1871	— 1,8345
0,6	1,243	— 1,9078	0,349	+ 1,8104
0,8	1,193	+ 1,7458	0,683	+ 1,4233
1,0	1,303	+ 1,4863	1,215	+ 1,0917
1,4	1,795	+ 1,0162	3,964	+ 0,3862
1,8	2,677	+ 0,5478	12,315	— 0,3417
2,2	4,400	+ 0,0870	37,820	— 1,0901
2,6	7,440	— 0,3714	113,350	— 1,9691
3	12,850	— 0,8363	360,	+ 1,3412
4	55,02	— 1,8683	6467,	— 0,6560
5	256,	+ 0,8795	132600,	+ 1,3182
6	1235,	— 0,2734	2644000,	— 0,8409
7	6115,	— 1,3775	53970000,	+ 1,2705
8	32150,	+ 1,4813	$1{,}315 \times 10^{6}$	— 0,7663
9	166000,	+ 0,36915	$25{,}08 \times 10^{6}$	+ 1,2273
0	840000,	— 0,4315	$421{,}6 \times 10^{6}$	— 1,4721

În această tabelă și în tot ce urmează unghiul θ este dat în cadrane (unghiuri drepte).

Exemplu de calcul

Să luăm cazul unui fir bimetalic de 3 mm diametru cu un conținut de 36% cupru ($p = 0{,}36$). Grosimea stratului de cupru va fi în acest caz:

$$b - a = 1{,}5\,(1 - \sqrt{1 - 0{,}36}) = 0{,}3 \text{ mm};$$

iar raza inimei de oțel va fi:

$$a = 1{,}5\sqrt{1 - 0{,}36} = 1{,}2 \text{ mm} = 1{,}2 \times 10^{-3} \text{ mm}.$$

Să calculăm impedanța internă la frecvența de 50 000 Hz ($\omega = 314\,150$). La această frecvență:

$$r_1 = a\sqrt{\omega \mu_1 g_1} = 1{,}2 \times 10^{-3}\sqrt{314150 \times 72{,}88} = 5{,}74$$

$$r = b\sqrt{\omega \mu_1 g_1} = 1{,}5 \times 10^{-3}\sqrt{314150 \times 72{,}88} = 7{,}1745$$

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{j\omega\mu_1}{g_1}} = \sqrt{j}\sqrt{\frac{314150 \times 1{,}257 \times 10^{-6}}{58 \times 10^{-6}}} = 82{,}5 \times 10^{-6}\sqrt{j}$$

$$2\pi b = 6{,}28 \times 1{,}5 \times 10^{-3} = 9{,}42 \times 10^{-3}$$

$$\frac{\eta_1}{2\pi b} = \frac{82{,}5 \times 10^{-6}}{9{,}42 \times 10^{-3}} = 8{,}75 \times 10^{-3}\sqrt{j} = 8{,}75 \times 10^{-3}\,\underline{0{,}5}.$$

Aci s'a ținut seamă de relația $\sqrt{j} = 1\,\underline{0{,}5}$ valabilă pentru cazul unghiurilor măsurate în cadrane.

Constantele A și B pentru $r_1 = 5{,}74$ și implicit pentru $r_2 = 3{,}5\ r_1$ se deduc din tabela 1 prin interpolare. Se găsește astfel:

$$A = 724{,}46\,\underline{+0{,}0264} \qquad B = 785564\,\underline{-0{,}2795}$$

Din tabela 2 se găsește pentru $r = 7{,}1745$

$$J_0(r\sqrt{j}) = 24{,}085\,\underline{+1{,}029};$$
$$J_1(r\sqrt{j}) = 22{,}94\,\underline{+1{,}695}$$
$$H_0^{(1)}(r\sqrt{j}) = 0{,}0^{2}1844\,\underline{-1{,}5275},$$
$$H_1^{(1)}(r\sqrt{j}) = 0{,}0^{2}1936\,\underline{+1{,}5051}$$

Valorile funcțiunilor Bessel și Hankel pentru diferite valori ale lui r *Tabela 2*

	$J_0(r\sqrt{j})$		$J_1(r\sqrt{j})$		$H_0^{(1)}(r\sqrt{j})$		$H_1^{(1)}(r\sqrt{j})$	
r	M	θ	M	θ	M	θ	M	θ
02	1,0001	— 0,0064	0,1000	+ 0,4968	1,2043	— 0,7375	3,137	— 1,4712
04	1,0004	— 0,0255	0,2001	+ 0,4873	0,8114	— 0,6276	1,510	— 1,4167
06	1,0020	— 0,0573	0,3001	+ 0,4714	0,5995	— 0,5266	0,9534	— 1,3506
08	1,0064	— 0,1016	0,4004	+ 0,4491	0,4617	— 0,4294	0,6688	— 1,2780
1,0	1,0155	— 0,1581	0,5013	+ 0,4205	0,3642	— 0,3342	0,4958	— 1,2011
1,4	1,0586	— 0,3041	0,7070	+ 0,3445	0,2365	— 0,1472	0,2980	— 1,0399
1,8	1,1543	— 0,4838	0,9244	+ 0,2444	0,1591	+ 0,0375	0,1913	— 0,8725
2,2	1,3246	— 0,6802	1,1659	+ 0,1222	0,10927	+ 0,2208	0,12737	— 0,7017
2,6	1,585	— 0,8788	1,4498	— 0,0189	0,07618	+ 0,4033	0,08684	— 0,5286
3	1,950	— 1,0724	1,800	— 0,1746	0,05367	+ 0,5852	0,06017	— 0,3541
4	3,439	— 1,5355	3,173	— 0,5989	0,02307	+ 1,0386	0,02517	+ 0,0864
5	6,231	— 1,9881	5,809	— 1,0395	0,010219	+ 1,4909	0,010958	+ 0,5303
6	11,501	+ 1,5597	10,850	— 1,4828	$0{,}0^{2}4613$	+ 1,9426	$0{,}0^{2}4890$	+ 0,9761
7	21,55	+ 1,1079	20,50	— 1,9279	$0{,}0^{2}2110$	— 1,6062	$0{,}0^{2}2219$	+ 1,4230
8	40,82	+ 0,6564	39,07	+ 1,6256	$0{,}0^{3}9747$	— 1,1552	$0{,}0^{2}0185$	+ 1,8706
9	77,96	+ 0,2053	74,97	+ 1,1783	$0{,}0^{3}4537$	— 0,7044	$0{,}0^{3}4718$	— 1,6812
10	143,33	— 0,2455	144,67	+ 0,7302	$0{,}0^{3}2124$	— 0,2537	$0{,}0^{3}2200$	— 1,2327

Prin urmare :

$$A J_0(r\sqrt{j}) = 17450 \,|\, \underline{+ 1{,}0554}$$

$$B H_0^{(1)}(r\sqrt{j}) = 1490 \,|\, \underline{- 1{,}8060}$$

$$\frac{\eta_1}{2\pi b} A J_0(r\sqrt{j}) = 152{,}700 \,|\, \underline{+ 1{,}5554} = -$$

$$- 117{,}000 + j\, 98{,}200$$

$$\frac{\eta_1}{2\pi b} B H_0^{(1)}(r\sqrt{j}) = 13{,}040 \,|\, \underline{- 1{,}3060} =$$

$$= \frac{- 6{,}025 - j\, 11{,}560}{-123{,}025 + j\, 86{,}640}$$

$$A J_1(r\sqrt{j}) = 16640 \,|\, \underline{+ 1{,}7214} = 15060 + j\, 7050$$

$$B H_1^{(1)}(r\sqrt{j}) = 1521 \,|\, \underline{+ 1{,}2256} = \frac{- 528 + j\, 1425}{-15588 + j\, 8475}$$

Cu aceste rezultate găsim :

$$Z_i = \frac{-123{,}025 + j\, 86{,}640}{-15588 + j\, 8475} = \frac{15{,}050 \,|\, \underline{1{,}71073}}{17740 \,|\, \underline{1{,}68286}}$$

sau :

$$Z_i = 8{,}5 \times 10^{-3} \times 0{,}02787 = (8{,}495 + j\, 0{,}372) \times 10^{-3}$$

In sistemul de unităţi adoptat impedanţa este măsurată în ohmi pe metru.

Rezistenţa pe kilometru va fi deci

$$R = 8{,}495 \text{ ohmi/km}$$

Se vede şi pe această cale că inductanţa internă L_i este extrem de mică la frecvenţele înalte ($1{,}185 \times 10^{-6}$ H/km).

In felul acesta se poate duce calculul pentru orice altă frecvenţă şi orice alt fir bimetalic.

Bibliografie

Aculşin, Koşceev, Kulbaţkii : Teoria transmisiunilor pe fir. Sviajizdat, Moscova, 1947.

Ramo S., Whinery · Câmpuri şi unde în radiotehnica modernă (traducere în ruseşte). Gostehnizdat, 1948.

Constantinescu I.: Transmisiuni electromagnetice, Ed. Politehnicii, 1948.

★

ПЛЕНОЧНЫЙ ЭФФЕКТ В СЛУЧАЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ

Резюме

Выводятся формулы нужные для расчета внутренняго сопротивления биметалических проводников и даются таблицы произвольных постоянных, которые входят в формулы при разных частотах. для облегчения расчета.

Аналогичные формулы находятся в советской работе „Теория связи по проводам“ Акулшина, Косчева и Кульбатского, в которой применяются функции Наумана вместо функций Ханкеля, использованные в этой статье.

★

NOUI CONTRIBUŢII LA CALCULUL ELECTRIC AL REŢELELOR DE TRACŢIUNE

Ing. M. PROVINCEANU

Metoda de calcul electric a reţelelor de tracţiune, expusă în revista „Electricitatea", 6 (1951), este completată în articolul de faţă cu precizări în ceeace priveşte puterea $W = G E_s V$, considerată ca o constantă în toate tratatele de specialitate apărute până azi. Prin introducerea corecţiunilor datorite variaţiei vitezei cu tensiunea aplicată la bornele motoarelor, se completează formulele pentru calculul căderilor de tensiune elementare şi al sarcinilor respective, aşa ca să se ţină seamă de fenomenele reale ce se produc în reţea şi, în special, de variaţia vitezei vehiculelor în funcţie de tensiunea aplicată la bornele motoarelor lor.

Intr'un număr precedent am arătat că metoda de calcul a reţelelor de tracţiune debutează, fie prin calculul rezistenţelor de tracţiune, fie prin întrebuinţarea directă a energiei specifice, atunci când aceasta este cunoscută. In cele din urmă se ajunge, mai ales în tracţiunea urbană, la stabilirea puterilor în waţi aferente fiecărui tronson în parte.

S'au făcut multe studii şi măsurători menite să se stabilească cu cât mai multă certitudine valoarea rezistenţelor de circulaţie şi există multe formule care dau valoarea acestor rezistenţe pentru diferite feluri de vehicule şi şini, unele din ele foarte complicate, ţinând seamă de toţi factorii care pot interveni. Aceste rezistenţe sunt exprimate de obicei în kg/t ; de aci se trece la aflarea puterii exprimate în waţi/t, sau la aflarea energiei specifice necesare pentru deplasarea vehicolului, exprimată în waţi-h/t × km.

O cale mai comodă constă în calculul energiei specifice, după care, cunoscându-se viteza comercială şi greutatea vehiculelor, se trece la puteri cu ajutorul formulei :

$$W = G\,t \times V_c \frac{\text{km}}{\text{h}} \times E_s \frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{t/km}}. \qquad (1)$$

Energia specifică a fost măsurată direct în multe reţele de tracţiune şi există multe date în această privinţă, care pot fi folosite la proectarea de reţele noui.

Dela calculul puterilor, stabilit cu toată exactitatea de care se dispune azi şi care nu este de neglijat, se trece la calculul sarcinilor cu ajutorul formulei

$$I = \frac{W}{U_m} \qquad (2)$$

în care U_m este *tensiunea medie a reţelei*, stabilită de obicei la 750 V pentru reţele alimentate sub 800 V la barele substaţiei şi la 550 V pentru cele alimentate sub 600 V la bare.

Acesta este procedeul arătat în toate tratatele de specialitate care au apărut până azi. Fenomenul merită să fie relevat pentrucă este, credem, unic. Tendinţa către o precizie cât mai mare în calcul, manifestată evident la calculul rezistenţelor de circulaţie, sau a energiei specifice, dispare deodată la calculul sarcinilor, care este în definitiv scopul urmărit.

Desigur că se poate defini o tensiune medie a unei reţele, dar aceasta nu prezintă niciun interes pentrucă nu are niciun fel de influenţă asupra fenomenelor electrice care se petrec în reţea şi cu atât mai puţin asupra acelora care se petrec într'un tronson oarecare. Tensiunea variază dela barele substaţiei până la extremităţile reţelei şi s'ar putea desigur găsi un punct unde tensiunea să fie egală cu această tensiune medie, dar de aci, până la a generaliza aplicarea ei *în orice punct al reţelei*, este o mare deosebire. Procedând astfel, sarcinile calculate pentru fiecare tronson în parte nu pot fi exacte şi nici măcar suma lor, adică sarcina totală a substaţiei nu prezintă garanţii de exactitate, decât numai în măsura în care tensiunea medie se apropie de aceea care ar fi trebuit introdusă în calcul, ceeace nu se poate şti de mai înainte. Matematic tensiunea medie poate fi definită ca raportul

$$U_m = \frac{\Sigma W}{\Sigma I}$$

şi nu prezintă niciun interes.

S'a obiectat că un calcul mai exact al sarcinilor nu prezintă un interes prea mare pentrucă în reţelele de tracţiune, mai ales în cele urbane, există prea mare variaţie a sarcinei din cauza regimului electric variabil al vehiculelor. Este drept că acestea au un regim electric foarte variabil, dar această situaţie nu trebue să constitue motivul unei lipse totale de interes pentru aplicarea unei metode de calcul mai exacte, chiar dacă aplicarea ei este mai lungă şi conduce la calcule mai laborioase. Spiritul tehnic nu constă în a afla numai valori aproximative, iar cel ştiinţific cu atât mai puţin.

S'a arătat în Nr. 6/1951 al revistei o metodă de calcul a sarcinilor, care merită să fie mai aprofundată. Se pornea dela valorile puterilor calculate cu formula (1) de mai sus. Se cuvine să se discute puţin această formulă. Ea conţine trei factori variabili şi anume :

Greutatea vehiculelor G, care depinde de numărul de călători. Este de observat că sunt puţine linii care au acelaş aflux de călători în ambele sensuri şi că aici ar fi cazul să se ţină seamă de aceasta ; în cazul reţelelor urbane existente, se pot face sondagii şi fiecare linie poate fi studiată din acest punct de vedere, ajungându-se la valori cât mai exacte cu putinţă.

Energia specifică E_s, poate fi stabilită cu precizie pentru fiecare tronson, iar dacă reţeaua are caractere de uniformitate din acest punct de

vedere, se poate ajunge la o singură valoare pentru întreaga reţea sau cel puţin la câteva valori pentru acele regiuni din reţea care îndeplinesc condiţii de uniformitate. Curbele şi pantele pot fi calculate separat. Energia specifică este susceptibilă de valori instantanee, dar se poate calcula valoarea medie cu exactitatea pe care o comportă aparatele de măsură, fie watt-oră-metrul, fie wattmetrii înregistratori.

Pentru proectarea de reţele noui se pot utiliza valorile aflate în diferite reţele, valori publicate fie prin reviste de specialitate, fie prin manuale. Manualele sovietice dau multe indicaţii în această privinţă.

Viteza. Se obişnuieşte să se introducă în formulă *viteza* comercială, V_c; se va examina mai departe acest caz.

Intrebuinţând aceleaşi notaţii ca în Nr. 6/1951 al revistei, când se scrie formula

$$\delta = \frac{W}{U - K\delta} R_a = I R_a \qquad (3)$$

se aplică legea lui Ohm; factorul K, egal cu unitatea în cazul sarcinilor concentrate, intervine în formulă numai în cazul sarcinilor considerate ca uniform repartizate, pentru motivul că sarcinile trebue să satisfacă atât căderile de tensiune, cât şi pierderile de energie, adică bilanţul puterilor.

Se constată că

$$I = \frac{W}{U - K\delta} = \frac{W}{U_m}$$

adică *se poate defini o tensiune medie aferentă fiecărui tronson în parte.*

Este de observat că atât căderea de tensiune δ, cât şi sarcina I şi tensiunea medie U_m sunt bine definite numai pentru o singură soluţie de alimentare a tronsonului şi că ele diferă dacă centrul de alimentare se schimbă. In adevăr valoarea lui K depinde de poziţia centrului de alimentare, întrucât el depinde de distanţele la acest centru. Expresia lui este:

$$K = \frac{l_c \frac{R_c}{R} + \Sigma l_1 \frac{R_1}{R} + \frac{1}{3}}{l_c \frac{R_c}{R} + \Sigma l_1 \frac{R_1}{R} + \frac{1}{2}} = \frac{d}{a} \qquad (4)$$

In această formulă l_c reprezintă lungimea cablelor de alimentare şi de întoarcere, l_1 distanţa dela centrul de alimentare la tronsonul de lungime l a cărui sarcină se calculează, toate reduse la rezistenţa R a acestui tronson; d reprezintă ceeace s'a denumit *distanţa electrică relativă la pierderea de putere*; iar a, *distanţa electrică relativă la căderea de tensiune în tronsonul de lungime* l.

Din formula (4) se vede că:

$$K = \frac{2}{3} \text{ când } l_c = 0 \text{ şi } l_1 = 0$$

adică atunci când tronsonul este alimentat direct dela barele substaţiei şi

$$K = 1 \quad \text{când} \quad d = a$$

adică în cazul sarcinilor concentrate.

Se ajunge astfel dela formula (3) de mai sus la următoarele valori ale căderii de tensiune δ şi a sarcinei I:

$$\delta = \frac{U}{2K} - \sqrt{\left(\frac{U}{2K}\right)^2 - \frac{WR_a}{K}} \qquad (5a)$$

şi

$$I = \frac{W}{U - K\delta} \qquad (5\,b)$$

valabile pentru sarcini uniform repartizate şi

$$\delta = \frac{U}{2} - \sqrt{\left(\frac{U}{2}\right)^2 - WR_a} \qquad (6a)$$

şi

$$I = \frac{W}{U - \delta} \qquad (6b)$$

valabile pentru sarcini concentrate.

După cum am văzut, în expresia (1) a puterii W intră ca factor viteza comercială V_c. Aceasta este definită ca fiind egală cu raportul

$$V_c = \frac{L}{T} \qquad (7)$$

în care L este lungimea totală a liniei, iar T timpul total de parcurs. *In acest timp se cuprinde şi timpul de oprire în staţii.*

Observăm că puterea cerută de un vehicul este cerută în timpul mersului, nu când el staţionează în staţiile de oprire şi, pentru un interval dintre două staţii vom avea

$$W_i = g_i E_s \frac{l_i}{t_i} = g E_s V_m$$

g fiind greutatea totală a vehiculelor ce se află în acel interval. Dacă măsurăm toate intervalele ce compun un tronson şi dacă observăm că vitezele medii ale diferitelor vehicule de pe dânsul nu pot diferi prea mult dela un vehicul la altul, pentrucă ordinea lor de înşiruire dealungul tronsonului trebuie să se conserve, obţinem

$$W = E_s V_m \qquad g_i = G E_s V_m \qquad (8)$$

notând cu Σ_t totalul timpului de oprire în staţii obţinem

$$V_m = \frac{L}{T - \Sigma_t} \qquad (9)$$

Prin urmare este evident că în expresia puterii aferente unui tronson trebue introdusă valoarea vitezei medii reale, nu valoarea vitezei comerciale.

Această concluzie, valabilă pentru sarcini uniform distribuite, devine evidentă în cazul sarcinilor concentrate, unde de obicei se poate construi un grafic de circulaţie.

Viteza medie este însă o funcţie de viteza de rotaţie a motoarelor; aceasta este funcţie liniară de tensiunea aplicată la bornele lor. Notând cu δ_m căderea de tensiune medie în tronsonul considerat, cu V_{rm} viteza reală medie şi

cu U_n tensiunea nominală a motoarelor, putem scrie :

$$\frac{V_{rm}}{U-\delta_m}=\frac{V_m}{U_n}$$

sau

$$V_{rm}=V_m\frac{U-\delta_m}{U_n}$$

această formulă explică fenomenul încetinirii de mers a vehiculelor, când căderea de tensiune crește. In formula puterii trebue deci introdusă această valoare şi obţinem :

$$W_r=G\,E_s\,V_{rm}=G\,E\,V_m\frac{U-\delta_m}{U_n}=W\frac{U-\delta_m}{U_n}$$

în care W_r este puterea real cerută.

Căderea medie de tensiune poate fi definită ca raportul

$$\delta_m=\frac{\int_0^l \delta_x\cdot dx}{l}.$$

Pentru sarcini concentrate, unde căderea de tensiune are o variaţie lineară, obţinem cu notaţiile din Nr. 6/1951 al revistei

$$\delta_m=\frac{1}{l}\int_0^l RI\,x\,dx=RI\frac{1}{2}=\frac{\delta}{2}$$

iar pentru sarcini uniform distribuite obţinem :

$$\delta_m=\frac{1}{l}\int_0^l R_l\left(1x-\frac{x^2}{2}\right)dx=\frac{R_l}{1}\left(1\,\frac{x^2}{2}-\frac{x^3}{2\cdot 3}\right)_0^l=$$

$$=\frac{2\,\delta}{3}.$$

Prin urmare vom avea ca expresii ale puterii :
— în cazul sarcinilor concentrate

$$W\frac{U-\frac{1}{2}\,\delta}{U_n}$$

— în cazul sarcinilor uniform distribuite

$$W\frac{U-\frac{2}{3}\,\delta}{U_n}$$

sau, în general,

$$W\frac{U-\alpha\,\delta}{U_n}$$

în care $\alpha=\frac{1}{2}$ în cazul sarcinilor concentrate şi $\alpha=\frac{2}{3}$ în cazul sarcinilor uniform repartizate.

Cu acestea, formula generală a căderii de tensiune devine :

$$\delta=\frac{W\frac{U-\alpha\,\delta}{U_n}R_a}{U-K\,\delta}$$

din care se deduce succesiv

$$\delta\,(U-K\,\delta)-W\frac{W-\alpha\delta}{U_n}R_a=0$$

$$\delta\,U_n\,(U-\alpha\delta)-WUR_a+WR_a\alpha\delta=0$$

$$\delta\,UU_n-KU_n\,\delta^2-WUR_a+WR_a\alpha\delta=0$$

$$\delta^2-\delta\,\frac{UU_n+WRA}{KU_n}+\frac{WUR_a}{KU_n}=0$$

şi în fine

$$\delta=\frac{UU_n+WRA}{2\,KU}-\sqrt{\left(\frac{UU_n+WR_a}{2\,KU_n}\right)^2-\frac{WUR_a}{KU_n}}$$

semnul — înaintea radicalului este singurul care convine, întrucât trebue să obţinem $\delta=0$ pentru $W=0$. Aceasta este formula generală a căderii de tensiune, care ia următoarele două aspecte, după caracterul sarcinilor :

$$\delta=\frac{UU_n+\frac{2}{3}\,WR_a}{2\,KU_n}-$$

$$-\sqrt{\left(\frac{UU_n+\frac{2}{3}\,WR_a}{2\,KU_n}\right)^2-\frac{WUR_a}{KU_n}}\qquad(10a)$$

cu

$$I=\frac{W\left(U-\frac{2}{3}\,\delta\right)}{U_n(U-K\,\delta)}\qquad(10b)$$

valabile pentru sarcini uniform repartizate şi

$$\delta=\frac{UU_n+\frac{1}{2}\,WR_a}{2\,U_n}-$$

$$-\sqrt{\left(\frac{UU_n+\frac{1}{2}\,WR_a}{2\,U_n}\right)^2-\frac{WUR_a}{U_n}}\qquad(11a)$$

cu

$$I=\frac{W\left(U-\frac{1}{2}\,\delta\right)}{U_n(U-K\,\delta)}\qquad(11b)$$

valabilă în cazul sarcinilor concentrate.

Tensiunea nominală a motoarelor este de obicei de 750 V la reţelele alimentate sub 800 V la bornele substaţiei şi de 550 V la reţelele alimentate sub 600 V la bornele substaţiei. Aceste tensiuni sunt acele *tensiuni medii ale reţelei* întrebuinţate până acum la calculul sarcinilor. Se vede că în realitate intervine factorul corectiv

$$\frac{U-\alpha\delta}{U-K\,\delta}$$

care este în general mai mare decât unitatea şi egal cu unitatea numai când $k=\frac{2}{3}$, adică atunci când $l_1=0$ şi $l_c=0$, cu alte cuvinte când tron-

sonul este alimentat direct dela barele substaţiei şi când sarcinile sunt uniform distribuite. In cazul sarcinilor concentrate acest factor este totdeauna mai mare decât unitatea; prin urmare sarcinile calculate cu ajutorul vechei metode sunt totdeauna mai mici decât cele calculate cu metoda arătată mai sus.

In privinţa aceasta mai trebue să remarcăm că intensitatea, în caz când nu se ţine seamă de variaţia puterilor cu tensiunea aplicată la bornele motoarelor, este

$$I = \frac{W}{U - K\delta}$$

aşa că, dacă ţinem seamă şi de această variaţie, intervine factorul corectiv

$$\frac{U\alpha\delta}{U_n}$$

care nu este egal cu unitatea decât:

la $U_n = 550$ V pentru $\delta = 100$ V şi $U = 600$ V
la $U_n = 750$ V pentru $\delta = 100$ V şi $U = 800$ V

pentru sarcini concentrate şi

la $U_n = 550$ V pentru $\delta = 75$ V şi $U = 600$ V
la $U_n = 750$ V pentru $\delta = 75$ V şi $U = 800$ V

Dacă notăm acest factor cu

$$p = \frac{U}{U_n} - \frac{\alpha\delta}{U_n}$$

observăm că el are o variaţie lineară în funcţie de δ şi scade când δ creşte, scăderea fiind totuşi mică pentrucă $\frac{\alpha}{U_n}$ este mic.

In rezumat, noile formule ţin seamă de faptul că:

1. Puterea medie depinde de viteza medie reală din timpul mişcării vehiculelor.

2. Viteza medie reală este funcţie lineară de tensiunea aplicată la bornele motoarelor.

Trebue să remarcăm că chestiunea este mai bine definită în cazul sarcinilor concentrate, pentrucă atunci se poate trasa o diagramă de circulaţie din care se pot extrage unul sau mai multe cazuri interesante, precum şi cazul cel mai interesant, acela al sarcinilor maxime posibile. Se poate calcula cu precizie sarcinile maxime şi deci deduce toate consecinţele.

Acesta este cazul căilor ferate interurbane şi a celor suburbane, când caracterul lor de circulaţie se apropie de acela al căilor ferate interurbane.

In cazul tramvaielor şi trolleybuselor se va aplica ipoteza sarcinilor uniform repartizate, care însă nu este exactă decât pentru un număr infinit de vehicule. Practica dovedeşte însă că, la o densitate de circulaţie obişnuită în reţelele urbane, asimilarea sarcinilor concentrate reprezentate prin diferitele vehicule de pe traseu, care sunt mişcătoare, se apropie foarte mult de cazul sarcinilor fixe şi uniforme repartizate. Firesţe că sunt anumite linii periferice, care pot fi tratate prin grafice de circulaţie; în acest caz este recomandabil să se întrebuinţeze formulele sarcinilor concentrate.

Este de observat că formula:

$$\delta = \frac{W \dfrac{U - \alpha\delta}{U_n}}{U - K\delta} R_a$$

are un caracter cu mult mai general.

In adevăr, dacă presupunem un receptor oarecare, fix, vom avea evident $\alpha = 1$ şi $K = 1$, iar formula devine

$$\delta = \frac{W}{U_n} R_a$$

care, în cazul când tensiunea nominală a receptorului este egală cu tensiunea dela bornele circuitului, devine

$$\delta = \frac{W}{U} R_a = R_a I \text{ cu } I = \frac{W}{U}.$$

Acesta este cazul clasic al expresiei căderii de tensiune datorită unui receptor fix în circuit, de putere W şi alimentat sub tensiunea U la bornele circuitului care îl conţine.

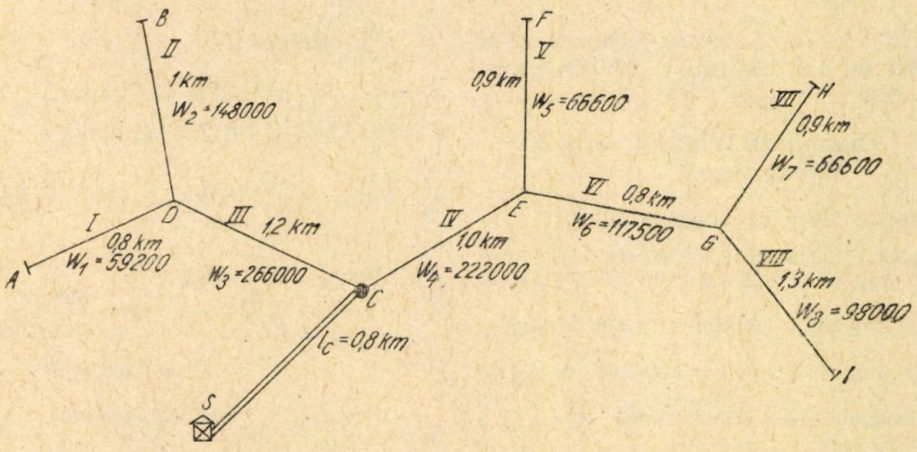


Fig. 1

Exemplul 1

Fie porţiunea de reţea din fig. 1, alimentată de substaţia S prin centrul de alimentare C.

Precizăm că este vorba de o rețea de tramvaie cu datele următoare:

$R = 0{,}12\ \Omega/\text{km}$ $\quad U = 800$ V

$R_c = 0{,}044\ \Omega/\text{km}$ $\quad U_n = 750$ V.

Linia 1 având traseul *ADCEGH* — lung de 4,7 km, parcurs în 0,4 ore, cu 21 stații intermediare de oprire.

Linia 2 având traseul *BDCEGI* — lung de 5,3 km, parcurs în 0,44 ore, cu 24 stații intermediare de oprire.

Linia 3 având traseul *BDCEF* — lung de 4,1 km, parcurs în 0,34 ore, cu 18 stații intermediare de oprire.

Timpul de oprire în stații 15 secunde = 0,4 minute.

Urmează că vitezele medii sunt următoarele:

Pentru linia 1:

$$V_m = \frac{4{,}7}{0{,}4 - 21 \times \frac{0{,}4}{60}} = \frac{4{,}7}{0{,}4 - 0{,}14} = \frac{4{,}7}{0{,}26} = 18{,}1 \text{ km/h}.$$

Pentru linia 2:

$$V_m = \frac{5{,}3}{0{,}44 - 24 \frac{0{,}4}{60}} = 18{,}9 \text{ km/h}$$

Pentru linia 3:

$$V_m = \frac{4{,}1}{0{,}34 - 18 \frac{0{,}4}{60}} = 18{,}7 \text{ km/h}$$

$V_m = 18{,}5$ km/h comună tuturor liniilor.

Numărul de vagoane este de 4 pe km și e comun la toate liniile.

Fie:

Greutatea unui vagon cu sarcina maximă: 20 tone.

Energia specifică comună pentru întreaga rețea care are caracter de uniformitate: 50 Wh/t km.

Urmează pentru un vagon:

$W_1 = 20$ t $\times$ 18,5 km/h 50 Wh/t km = 18 500 W/vag. km.

Puterile aferente fiecărui tronson sunt:

Tronsonul I: 4 vag/km $\times$ 0,8 km $\times$ 18 500 W/vag = 59 200 W
Tronsonul II: 8 vag/km $\times$ 1,8 km $\times$ 18 500 W/vag = =148 000 W
Tronsonul III: 12 vag/km $\times$ 1,2 km $\times$ 18 500 W/vag = = 267 000 W
Tronsonul IV: 12 vag/km $\times$ 1,0 km $\times$ 18 500 W/vag = = 222 000 W
Tronsonul V: 4 vag/km $\times$ 0,9 km $\times$ 18 500 W/vag = = 66 600 W
Tronsonul VI: 8 vag/km $\times$ 0,8 km $\times$ 18 500 W/vag = = 118 500 W
Tronsonul VII: 4 vag/km $\times$ 0,9 km $\times$ 18 500 W/vag = = 66 600 W
Tronsonul VIII: 4 vag/km $\times$ 1,3 km $\times$ 18 500 W/vag = = 96 500 W

Lungimea cablului redusă la rezistența firului de trolley este

$$l_c \frac{R_c}{R} = 0{,}8 \times \frac{0{,}044}{0{,}12} = 0{,}293 \text{ km}.$$

Sarcinile se consideră uniform repartizate, așa că formulele aplicabile sunt (10 a) și (10 b), în care se va nota:

$$\frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2\,KU_n} = A \qquad \frac{WUR_a}{KU_n} = B$$

și

$$I = \frac{W\left(U - \frac{2}{3}\delta\right)}{U_n (U - K_k)}$$

Tronsonul I

$a = 0{,}4 + 1{,}2 + 0{,}293 = 1{,}893$ km
$d = 0{,}267 + 1{,}2 + 0{,}293 = 1{,}76$,,
$K = \frac{d}{a} = 0{,}93$

$$\frac{2}{3} W\,RA = \frac{2}{3} \times 59\,200 \times 0{,}12 \times 1{,}893 = 8960$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2\,KU_n} = \frac{608\,960}{2 \times 0{,}93 \times 750} = 437$$

$$A^2 = 191\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{59\,200 \times 800 \times 0{,}12 \times 1{,}893}{0{,}93 \times 750} = 15\,450$$

$\sqrt{A^2 - B} = 419$ $\quad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 18$ V

$\frac{2}{3}\delta = 12$ V $\quad K\delta = 16{,}75$ V

$U - \frac{2}{3}\delta = 788$ V $\quad U - K\delta = 783{,}25$ V

$$I = \frac{59\,200 \times 788}{750 \times 783{,}25} = 79{,}5 \text{ A}$$

Tronsonul II

$a = 0{,}5 + 1{,}2 + 0{,}293 = 1{,}993$ km
$d = 0{,}333 + 1{,}2 + 0{,}293 = 1{,}826$,,
$K = \frac{d}{a} = 0{,}916$

$$\frac{2}{3} WR_a = \frac{2}{3}\ 148\,000 \times 0{,}12 \times 1{,}993 = 23\,620$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2\,KU_n} = \frac{623\,650}{2 \times 0{,}916 \times 750} = 454$$

$$A^2 = 206\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{148\,000 \times 800 \times 0{,}12 + 1{,}993}{0{,}916 \times 750} = 41\,250$$

$\sqrt{A^2 - B} = 406$ $\quad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 48$ V

$\frac{2}{3}\delta = 32$ V $\quad K\delta = 44$ V.

$U - \frac{2}{3}\delta = 768$ V $\quad U - K\delta = 756$

$$I = \frac{148\,000 \times 768}{750 \times 756} = 200{,}5 \text{ A}$$

Tronsonul III

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}6 + 0{,}293 = 0{,}893 \text{ km} \\ d &= 0{,}4 + 0{,}293 = 0{,}693 \text{ ,,} \end{aligned}\right\} \quad K = \frac{d}{a} = 0{,}776$$

$$\frac{2}{3} WR_a = \frac{2}{3} \times 267\,000 \times 0{,}12 \times 0{,}893 = 19\,100$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2KU_n} = \frac{619\,100}{2 \times 0{,}776 \times 750} = 531$$

$$A^2 = 282\,500$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{267\,000 \times 800 \times 0{,}12 \times 0{,}893}{0{,}776 \times 750} = 39.400$$

$$\sqrt{A^2 - B} = 494 \qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 37 \text{ V}$$

$$\frac{2}{3}\delta = 24{,}7 \text{ V} \qquad K\delta = 28{,}7 \text{ V}$$

$$U - \frac{2}{3}\delta = 775{,}3 \text{ V} \qquad U - K\delta = 771{,}3 \text{ V}$$

$$I = \frac{267\,000 \times 775{,}3}{750 \times 771{,}3} = 359 \text{ A.}$$

Tronsonul IV

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}5 + 0{,}293 = 0{,}793 \text{ km} \\ d &= 0{,}333 + 0{,}293 = 0{,}626 \text{ km} \end{aligned}\right\} \quad K = \frac{d}{a} = 0{,}79$$

$$\frac{2}{3} WR_a = \frac{2}{3} \times 222\,000 \times 0{,}12 \times 0{,}793 = 14\,100$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2KU_n} = \frac{614\,100}{2 \times 0{,}79 \times 750} = 518$$

$$A^2 = 268\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{222.000 \times 800 \times 0{,}12 \times 0{,}793}{0{,}79 \times 750} = 28\,550$$

$$\sqrt{A^2 - B} = 489 \qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 29 \text{ V}$$

$$\frac{2}{3}\delta = 19{,}3 \text{ V} \qquad K\delta = 22{,}9$$

$$U - \frac{2}{3}\delta = 780{,}7 \text{ V} \qquad U - K\delta = 777{,}1 \text{ V}$$

$$I = \frac{222\,000 \times 782}{750 \times 777{,}1} = 299 \text{ A}$$

Tronsonul V

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}45 + 1{,}0 + 0{,}293 = 1{,}743 \text{ km} \\ a &= 0{,}3 + 1{,}0 + 0{,}293 = 1{,}593 \end{aligned}\right\} \quad K = \frac{d}{a} = 0{,}915$$

$$\frac{2}{3} WR_a = \frac{2}{3} \times 66\,600 \times 0{,}12 \times 1{,}743 = 9280$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2KU_n} = \frac{609\,280}{2 \times 0{,}915 \times 750} = 443{,}5$$

$$A^2 = 197\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{66\,600 \times 800 \times 0{,}12 \times 1{,}743}{0{,}915 \times 750} = 16\,250$$

$$\sqrt{A^2 - B} = 425 \qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 18{,}5 \text{ V}$$

$$\frac{2}{3}\delta = 12{,}33 \text{ V} \qquad K\delta = 16{,}93 \text{ V}$$

$$U - \frac{2}{3}\delta = 787{,}67 \text{ V} \qquad U - K\delta = 783{,}07 \text{ V}$$

$$I = \frac{66\,600 \times 787{,}67}{750 \times 783{,}07} = 89{,}3 \text{ A}$$

Tronsonul VI

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}4 + 1{,}0 + 0{,}293 = 1.693 \text{ km} \\ d &= 0{,}267 + 1{,}0 + 0{,}293 = 1{,}56 \text{ km} \end{aligned}\right\} \quad K = \frac{d}{a} = 0{,}922$$

$$\frac{2}{3} = WR_a = \frac{2}{3} \times 118\,500 \times 0{,}12 \times 1{,}693 = 16\,050$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2KU_n} = \frac{616\,050}{2 \times 0{,}922 \times 750} = 445$$

$$A^2 = 198\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{118\,500 \times 800 \times 0{,}12 \times 1{,}693}{0{,}922 \times 750} = 27\,900$$

$$\sqrt{A^2 - B} = 414 \qquad \delta = A^2 - \sqrt{A^2 - B} = 31 \text{ V}$$

$$\frac{2}{3}\delta = 20{,}7 \text{ V} \qquad K\delta = 28{,}6 \text{ V.}$$

$$U - \frac{2}{3}\delta = 779{,}3 \text{ V} \qquad U - K\delta = 771{,}4 \text{ V.}$$

$$I = \frac{118\,500 \times 779{,}3}{750 \times 771{,}4} = 159{,}6 \text{ A}$$

Tronsonul VII

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}45 + 1{,}80 + 0{,}293 = 2{,}543 \text{ km} \\ d &= 0{,}3 + 1{,}8 + 0{,}293 = 2{,}393 \text{ km} \end{aligned}\right\} \quad K = \frac{d}{a} = 0{,}941$$

$$\frac{2}{3} WR_a = \frac{2}{3} \times 66\,600 \times 0{,}12 \times 2{,}543 = 13\,600$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2KU_n} = \frac{613\,600}{2 \times 0{,}941 \times 750} = 435$$

$$A^2 = 189\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{66\,600 \times 800 \times 0{,}12 \times 2{,}543}{0{,}941 \times 750} = 23\,100$$

$$\sqrt{A^2 - B} = 407 \qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 28 \text{ V}$$

$$\frac{2}{3}\delta = 18{,}65 \text{ V} \qquad K\delta = 26{,}4 \text{ V.}$$

$$U - \frac{2}{3}\delta = 781{,}35 \text{ V} \qquad U - K\delta = 773{,}6 \text{ V}$$

$$I = \frac{66\,600 \times 781{,}35}{750 \times 773{,}6} = 89{,}7 \text{ A}$$

Tronsonul VIII

$$\left.\begin{aligned} a &= 0{,}65 + 1{,}8 + 0{,}293 = 2{,}743 \text{ km} \\ d &= 0{,}433 + 1{,}8 \times 0{,}293 = 2{,}526 \text{ km} \end{aligned}\right\} \quad K = \frac{d}{a} = 0{,}958$$

$$\frac{2}{3} WR_a = \frac{2}{3} \times 96\,500 \times 1{,}2 \times 2{,}743 = 21\,200$$

$$A = \frac{UU_n + \frac{2}{3} WR_a}{2KU_n} = \frac{621\,200}{2 \times 0{,}958 \times 750} = 432$$

$$A^2 = 187\,000$$

$$B = \frac{WUR_a}{KU_n} = \frac{96\,600 \times 800 \times 0{,}12 \times 2{,}743}{0{,}958 \times 750} = 35\,400$$

$\sqrt{A^2 - B} = 388$ $\qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 44$ V

$\frac{2}{3}\delta = 29{,}32$ V $\qquad K\delta = 42{,}15$ V

$U - \frac{2}{3}\delta = 770{,}68$ V $\qquad U - K\delta = 757{,}85$ V

$$I = \frac{96\,500 \times 770{,}78}{750 \times 757{,}85} = 132 \text{ A.}$$

Cu aceasta s'au calculat toate sarcinile aferente tronsoanelor. Mai rămâne să se calculeze căderile de tensiune totale la extremităţi

$$\Sigma I = 1408{,}6 \text{ A}$$

In Nr. 6 (1951) al revistei s'a arătat o metodă pentru calculul căderilor de tensiune totale.

Nu mai trecem la calculul acestora, neprezentând interes pentru chestiunea de faţă.

Exemplul 2

Fie o linie de cale ferată interurbană, alimentată sub o tensiune de 3000 V, care este şi tensiunea nominală a motoarelor. Fie cea mai defavorabilă situaţie, cea din fig. 2, extrasă din graficul de

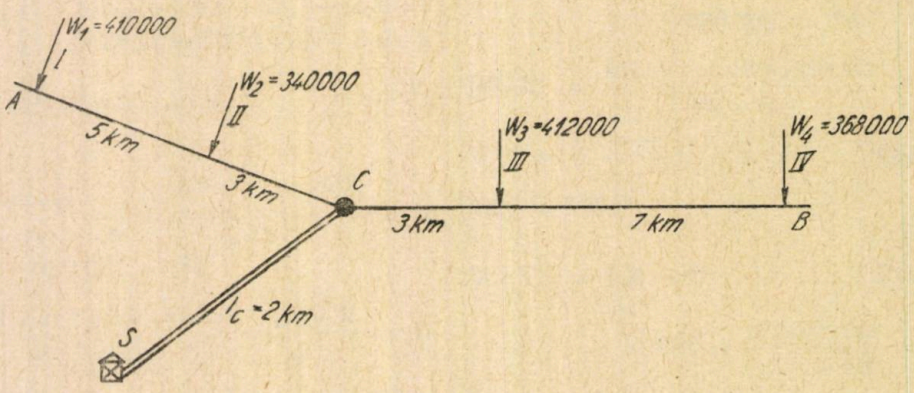


Fig. 2

circulaţie; puterile aferente fiecărei sarcini sunt presupuse calculate cu cea mai mare îngrijire.

Sarcinile sunt concentrate. Prin urmare se vor aplica formulele (11a) şi (11b), în care $U = U_n = 3000$ V

$$A = \frac{U^2 + \frac{1}{2} WR_a}{2U} \qquad B = WR_a$$

şi

$$I = \frac{W\left(U - \frac{1}{2}\delta\right)}{U(U - \delta)}.$$

Presupunem firul de trolley + şina cu o rezistenţă de 0,15 Ω/km.

Presupunem cablele de alimentare cu o rezistenţă de 0,03—Ω/km.

Lungimea cablului redusă la rezistenţa firului de trolley este

$$l_c = \frac{R_c}{R} = 2 \times \frac{0{,}03}{0{,}16} = 0{,}375 \text{ km.}$$

Pentru W_1 se obţine:

$a = 8 + 0{,}375 = 8{,}375$ km

$U = 3000 \qquad U^2 = 9\,000\,000$

$$\frac{1}{2} WR_a = \frac{1}{2} \times 410\,000 \times 0{,}16 \times 8{,}375 = 275\,000$$

$$A = \frac{U^2 + \frac{1}{2} WR_a}{2U} = \frac{9\,000\,000 + 275\,000}{2 \times 3000} = 1545$$

$$A^2 = 2\,390\,000$$

$$B = WR_a = 410\,000 \times 0{,}16 \times 8{,}375 = 549\,000$$

$\sqrt{A^2 - B} = 1358$ $\qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 187$ V

$\frac{1}{2}\delta = 93{,}50$ V $\qquad U - \frac{1}{2}\delta = 2906{,}50$ V

$U - \delta = 2813$ V

$$I = \frac{410\,000 \times 2906{,}50}{3000 \times 2813} = 141 \text{ A}$$

Pentru W_2 se obţine:

$A = 3{,}375$ km

$$\frac{1}{2} WR_a = \frac{1}{2} 340\,000 \times 0{,}16 \times 3{,}375 = 91\,750$$

$$A = \frac{U^2 + \frac{1}{2} WR_a}{2U} = \frac{9\,091\,750}{2 \times 3000} = 1515$$

$$A^2 = 2\,300\,000$$

$$B = WR_a = 340\,000 \times 0{,}16 \times 3{,}375 = 183\,500$$

$\sqrt{A^2 - B} = 1455$ $\qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 60$ V

$\frac{1}{2}\delta = 30$ V $\qquad U - \frac{1}{2}\delta = 2\,970$ V

$U - \delta = 2\,940$ V

$$I = \frac{340\,000 \times 2\,970}{3\,000 \times 2\,940} = 114{,}5 \text{ A}$$

Pentru W_3 se obține:

$M = 3{,}375 = \text{km}$

$$\frac{1}{2} WR_a = \frac{1}{2} \times 412\,000 \times 0{,}16 \times 3{,}375 = 111\,300$$

$$A = \frac{U^2 + \frac{1}{2} WR_a}{2U} = \frac{9\,111\,300}{2 \times 3\,000} = 1520$$

$A^2 = 2\,310\,000$

$B = WR_a = 412\,000 \times 0{,}16 \times 3{,}375 = 222\,000$

$\sqrt{A - B} = 1\,447 \qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 73$ V

$\frac{1}{2}\delta = 36{,}5$ V $\qquad U - \frac{1}{2}\delta = 2\,963{,}5$ V

$U - \delta = 2\,927$ V

$$I = \frac{412\,000 \times 2\,963{,}5}{2\,927 \times 3\,000} = 139{,}1 \text{ A}$$

Pentru W_4 se obține:

$A = 10{,}375$ km

$$\frac{1}{2} WR_a = \frac{1}{2} \times 368\,000 \times 0{,}16 \times 10{,}375 = 305\,000$$

$$A = \frac{U^2 + \frac{1}{2} WR_a}{2U} = \frac{9\,305\,000}{2 \times 3\,000} = 1\,550$$

$A^2 = 2\,400\,000$

$B = WR_a = 368\,000 \times 0{,}16 \times 10{,}375 = 610\,000$

$\sqrt{A^2 - B} = 1340 \qquad \delta = A - \sqrt{A^2 - B} = 210$ V

$\frac{1}{2}\delta = 105$ V $\qquad U - \frac{1}{2}\delta = 2895$ V

$U - \delta = 2\,790$ V.

$$I = \frac{368\,000 \times 2\,895}{3\,000 \times 2\,790} = 127{,}3 \text{ A}$$

$\Sigma I = 521{,}9$ A

Bibliografie

(1) *Provinceanu M.*, Contribuții pentru calculul electric al rețelelor de tracțiune, „Electricitatea", 6 (1951).

(2) *Budeanu C.* prof., Asupra proprietăților mărimilor energiei și puterii specifice și aplicarea lor în tracțiunea electrică. Buletin de Matematică și Fizică al Școlii Politehnice Nr. 2—3, 1932—1933.

★

НОВЫЙ ВКЛАД В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ СЕТЕЙ ТЯГИ

Резюме

Метод электрического расчета сетей тяги, приведенный в Ном. 6 — 1951 г, „ЭЛЕКТРИЧЕСТВО", пополняется настоящей статьей уточнением относительно мощности $W = GE_s V$, принимаемая как постоянная во всех работах по специальности вышедших до сих пор.

Благодаря введению поправок на изменение скорости при применении напряжения на зажимах двигателя, пополняются формулы для расчета падения элементарного напряжения и соответствующих нагрузок, таким образом чтобы были учтены действительные явления, происходящие в сети и в особенности, изменение скорости перевозочных средств в зависимости от примененного напряжения на зажимах их двигателей.

★

ÎNCERCAREA ÎNTRERUPTORILOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE LA PUTEREA DE RUPERE

Ing. NICOLAE M. NICOLAE

In prima parte, se trece pe scurt în revistă aspectul teoretic al arcului electric. Apoi, sunt prezentate lipsurile principale ale schemelor artificiale sintetice. Sunt expuse bazele teoretice şi avantajele economice ale circuitului oscilant Prof. A. A. Gorev, precum şi limitele lui de măsură. Se propune ca până la 200 MVA să se folosească generatori rotativi de şoc, iar peste 200 MVA să se folosească circuitul oscilant.

Incercarea la puterea de rupere a aparatajului de înaltă tensiune (întreruptori, siguranţe fuzibile) a devenit o problemă de prim ordin a industriei noastre electrotehnice.

Construim întreruptori, siguranţe fuzibile, însă încercarea lor la putere de rupere în cadrul probelor de timp se amână permanent din cauza lipsei de instalaţii corespunzătoare de încercare.

Problema nu este simplă, pentrucă în momentul actual o staţie de încercări trifazică, ar trebui să ne asigure o putere de rupere de cel puţin 400 MVA, iar într'un viitor apropiat, vom avea nevoie de cel puţin 2 500 MVA.

Iată pentru ce se impune ca la alegerea tipurilor de staţii de încercare să se ţină seama de ultimele realizări ale tehnicii în acest domeniu şi în mod special de realizările tehnicei celei mai avansate, tehnica sovietică. Marile construcţii ale epocii Staliniste, construcţiile comunismului, au pus în faţa savanţilor şi tehnicienilor sovietici probleme dintre cele mai complicate. Una din aceste probleme a fost şi încercarea întreruptorilor pentru liniile de 400 kV. Savanţii sovietici au reuşit să realizeze staţii de încercare, de laborator, care pot să încerce întreruptori la putere de rupere de ordinul a 10 000 MVA.

Prezentul articol este destinat să contribue nu atât la soluţionarea problemei, ci să contribue la felul în care trebue pusă problema la noi acum la început.

PRECIZĂRI DIN TEORIA STINGERII ARCULUI ELECTRIC DE CURENT ALTERNATIV

Se presupune un generator de putere infinită care alimentează un circuit având schema din fig. 1.

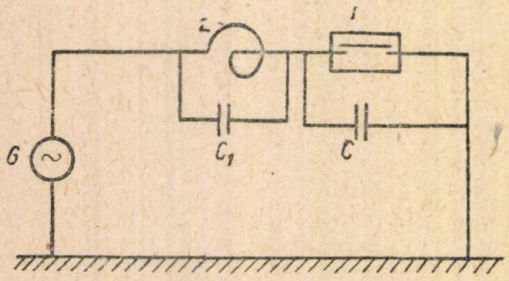


Fig. 1. G — generator de putere infinită; L — reactor care reprezintă inductanţa reţelei; C_1 — capaçitate în derivaţie cu reactorul; I — întreruptorul de încărcat; C — capacitate în derivaţie cu întreruptorul.

In realitate LC_1 şi C sunt repartizate uniform. Pentru înţelegerea problemei, se vor considera concentrate. Se presupune un scurt circuit în reţea. Se pune problema întreruperii acestui scurt circuit. Contactele întreruptorului deschizându-se, ia naştere un arc electric între contacte.

Tensiunea arcului este însemnată pe figură cu U_a.

Generatorul fiind de putere infinită, tensiunea reţelei E, egală cu tensiunea generatorului E_g, nu va fi influenţată de fenomenele din reţea $E = E_{max} \sin \omega t$.

In timpul scurt circuitului, prin întreruptor trece curentul i. In fig. 2 se reprezintă variaţia tensiunii reţelei a curentului şi a tensiunii arcului în cazul scurt circuitului de mai sus. Curentul i este curentul ce se scurge prin arc, iar U_a este tensiunea arcului.

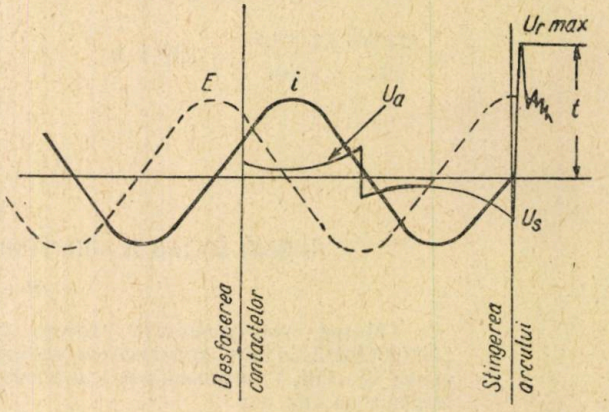


Fig. 2.

Din figură reese că la începutul ultimei semiperioade a stingerii, tensiunea în arc este aproximativ constantă, iar către sfârşitul semiperioadei tensiunea prezintă un vârf (U_s) numit vârf de stingere al arcului; la trecerea prin zero a curentului arcul se stinge, iar tensiunea îşi schimbă sensul şi creşte până la valoarea maximă a tensiunii de restabilire (U_{rmax}), tensiunea ce se amortizează oscilatoriu sau continuu, în funcţie de constantele reţelei. In cazul amortizării oscilatorii frecvenţa de oscilaţie este frecvenţa oscilaţiei proprii a circuitului

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Din fig. 3 reese, că în cazul stingerii arcului putem distinge, în ultima semiperioadă a stingerii, trei faze distincte, care s'au notat în figură prin t_1, t_2 şi t_3.

Se va analiza pe scurt fiecare din aceste trei faze.

Faza t_1. Curentul ce se scurge prin arc este sinusoidal. Tensiunea U_a este mică şi reprezintă căderea de tensiune în arc. Spaţiul de arc este puternic ionizat şi depinde de valoarea curentului ce se scurge prin arc. Tensiunea arcului nu influenţează sensibil asupra ionizării spaţiului de arc.

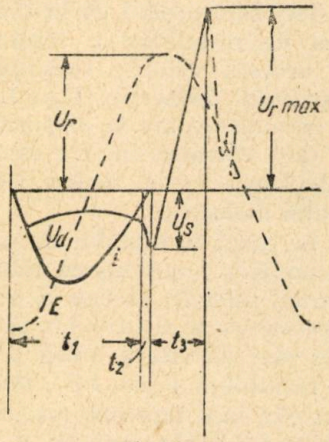


Fig. 3.

Se poate deci trage o primă concluzie importantă şi anume : pentru a putea reedita riguros în laborator fenomenul real, se poate întrebuinţa pentru prima fază t_1, o sursă de curent care să poată furniza curentul de scurt circuit, tensiunea sursei având o valoare scăzută.

Faza t_2. Arcul electric se caracterizează prin două curbe caracteristice : *a*) caracteristica statică ; *b*) caracteristica dinamică (fig. 4).

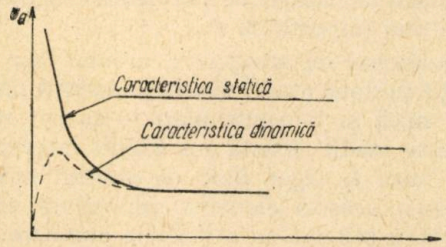


Fig. 4.

Caracteristica statică se stabileşte micşorând încet curentul în arc şi măsurând tensiunea arcului U_a, corespunzătoare. Când curentul încetează să se mai scurgă, arcul se stinge, iar tensiunea U_a devine egală cu tensiunea reţelei.

Caracteristica dinamică $U_a = f(I)$ se prezintă diferit de cea statică.

Pe o anumită porţiune cele două curbe se confundă, însă în apropierea trecerii prin zero a curentului I, cele două curbe se despart. In caracteristica dinamică, intervine ca element important viteza de micşorare a curentului $\frac{di}{dt}$.

Se poate determina momentul până la care tensiunea în arc nu depinde de viteza de micşorare a curentului. Determinarea acestui moment este extrem de importantă, deoarece începând dela acest moment, curentul nu mai are o formă sinusoidală ci el scade mai repede către valoarea zero. Fizic, acest lucru se explică prin faptul că înainte de a trece curentul prin valoarea zero, rezistenţa arcului creşte atât de mult încât accelerează micşorarea curentului. Curentul variază în acest caz după curba din fig. 5 (reprezentată exagerat).

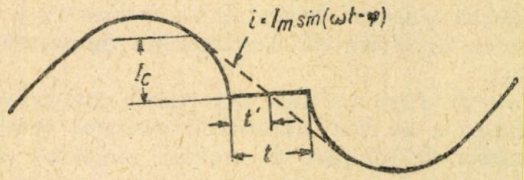


Fig. 5.

Concluzia care se poate trage din cele expuse mai sus este că procesul de stingere a arcului electric, începe cu timpul t' mai devreme decât trecerea curentului prin valoare zero. Este o concluzie importantă pentrucă schemele artificiale sintetice de încercare la puterea de deschidere, consideră faza *II* complet distinctă din faza *III*. In aceste scheme la trecerea prin zero a curentului sursa de curent este izolată şi la electrozii arcului se aplică tensiunea înaltă. Prin aceasta fenomenul real este întârziat, deoarece tensiunea apare abia la trecerea curentului prin punctul zero.

In realitate, din cauza creşterii rezistenţei în arc, a scăderii rapide a curentului, tensiunea la electrozii arcului apare mai devreme (U_s din fig. 3).

Savantul sovietic A. I. Builov, în studiile sale asupra tensiunii de restabilire, a stabilit următoarele valori ale primei amplitudini a tensiunii de restabilire, neţinând cont de amortizare :

a) presupunând variaţia rezistenţei spaţiului de arc după legea $r_a = r_1 t$

$$\frac{U_{r\,max}}{E} = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{I_c\, r_1}{E\, \omega_0}\right)^2} \quad ;$$

b) presupunând variaţia rezistenţei spaţiului de arc după legea $r_a = ae^{bt}$

$$\frac{U_{r\,max}}{E} = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{I_c\, ab}{E\, \omega_0}\right)^2}$$

unde r_1, a şi b sunt constante oarecare, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ iar I_c valoarea dela care curentul se deformează.

Cele două formule sunt aproximative, iar faptul că sunt stabilite în două ipoteze de variaţie a rezistenţei spaţiului de arc, se explică prin aceea că până astăzi nu se cunoaşte exact legea de variaţie a rezistenţei spaţiului de arc.

Din formulele de mai sus se vede că raportul dintre tensiunea de restabilire ($U_{r\,max}$) şi tensiunea reţelei creşte cu valoarea I_c şi viteza de creştere a rezistenţei spaţiului de arc şi scade cu creşterea tensiunii reţelei. Experienţa a dovedit valabilitatea acestor concluzii. Când curentul care se scurge prin arc este mare, spaţiul este serios

ionizat şi deci I_c va fi mai mic decât în cazul când se va scurge un curent mic.

Deasemenea este clar că transformarea spaţiului de arc din conductor în dielectric e mai rapidă în cazul curenţilor mici decât a curenţilor mari, adică creşterea rezistenţei spaţiului de arc este mai rapidă în cazul curenţilor mici, decât în cazul curenţilor mari.

Asupra tensiunii de restabilire influenţează deasemenea amortizarea, condiţionată de parametrii reţelei.

Valorile I_c şi r_a, care determină caracteristica dinamică a arcului, determină valoarea tensiunii la vârful de stingere al arcului, stabilind astfel relaţia între vârful de stingere şi tensiunea de restabilire.

Din relaţiile de mai sus, se vede că între faza t_2 caracterizată prin stingerea arcului şi prin vârful de stingere (U_s) pe de o parte şi faza t_3 pe de altă parte, caracterizată prin valoarea tensiunii de restabilire şi viteza de restabilire a tensiunii, există o strânsă legătură. Din această cauză cele două faze nu pot fi separate fizic una de cealaltă.

Tot în faza t_2, trebue arătat că paralel cu procesul de desionizare, atât temperatura ridicată cât şi tensiunea la borne produc continuarea procesului de ionizare. Deasemenea nu este indiferent dacă intensitatea câmpului electric în care are loc arcul este produsă de joasa sau înalta tensiune. Concluzia la care s'a ajuns este că în perioada t_2, arcul va trebui să se afle la înalta tensiune.

Faza t_3. Faza aceasta, numită faza de restabilire a tensiunii reţelei între contacte, prezintă o mare importanţă în ceeace priveşte stingerea arcului electric. Intervine aci noţiunea de „viteză de creştere a tensiunii de restabilire" exprimată matematic prin expresia $\frac{dU}{dt}$ care este proporţională cu frecvenţa proprie a circuitului oscilant şi cu valoarea amplitudinei maxime a tensiunii de restabilire. Presupunem că tensiunea de restabilire are amplitudinea E_M şi E_m (fig. 6) corespunzător tensiunilor E' şi E'' din reţea. Deşi tensiunea de restabilire E_M este mai mare decât E_m, totuşi din cauza că t' este mai mare decât t'' este posibil ca arcul să se reaprindă în cazul E_m şi nu în cazul E_M.

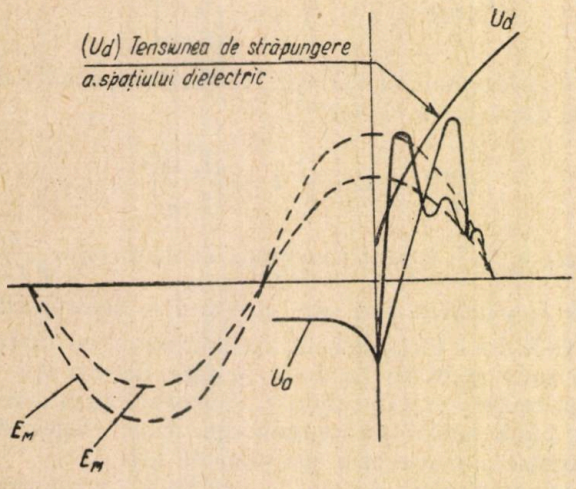


Fig. 6

Fizic fenomenul se explică prin aceea că viteza de restabilire a tensiunii, în cazul E_M, este mai mică decât viteza de restabilire a tensiunii în cazul E_m şi deci este posibil că în cazul E_m, din cauza vitezei de restabilire a tensiunii, să fie depăşite de aceasta valorile tensiunei de străpungere a spaţiului dielectric (U_d). In cazul E_M, procesul de desionizare are la dispoziţie un timp mai lung şi deşi valoarea lui E_M este mai mare curba nu depăşeşte curba tensiunii de străpungere a spaţiului dielectric.

Concluzia în cazul exemplului de mai sus este că dacă se compară funcţionarea întreruptorului la două tensiuni diferite, trebue să se asigure că viteza de restabilire a tensiunilor să fie aceeaşi

Din relaţia care dă viteza medie de creştere a tensiunii de restabilire $V_m = kUf$, reiese că dacă se face încercarea la o tensiune mai mică, trebue să se mărească frecvenţa proprie a circuitului.

In prezent viteza de creştere a tensiuni de restabilire nu a fost încă normalizată prin prescripţii. Problema este studiată în U.R.S.S., unde sunt tendinţe de a normaliza nu viteza de creştere ci frecvenţa oscilaţiilor proprii din circuit, care poate fi mai uşor determinată.

Faza t_3 este o fază extrem de importantă, care definitivează stingerea arcului sau care permite reaprinderea lui. Această fază se află sub înaltă tensiune.

Aceste consideraţii asupra arcului electric, de altfel extrem de reduse, ne permit să tragem două concluzii mai importante :

a) Fenomenul de stingere a arcului nu poate fi împărţit în două stadii distincte, curent mare — tensiune mică şi tensiune mare — curent nul, ci între aceste stadii există un stadiu intermediar, acela al fazei t_2 legat fizic de stadiul următor.

Neglijarea acestui element, reprezintă eroarea principială a schemelor artificiale sintetice.

b) Intrucât frecvenţa proprie de oscilaţie a circuitului prezintă o mare importanţă pentru stingerea arcului electric, urmează că încercarea în reţea nu este concludentă, întrucât constantele liniei, în care se încearcă întreruptorul, pot să fie altele decât cele în care va fi instalat întreruptorul.

INCERCAREA PE CIRCUIT OSCILANT

In anul 1937, prof. A. A. Gorev dela Institutul Politehnic din Leningrad, a conceput o schemă specială pentru încercarea întreruptorilor la putere de rupere, în care energia necesară pentru încercare se păstrează în câmpul electric al unei baterii puternice de condensatori. Ideea prof. Gorev este aceea de a nu izola fenomenul fizic al stingerii arcului în două etape complect separate, ci să redea cât mai fidel fenomenul real. Schema electrică a instalaţiei sale este dată în fig. 7.

Separatorul leagă schema de lampa redresorului L cu ajutorul căreia se'ncarcă până la tensiunea U.

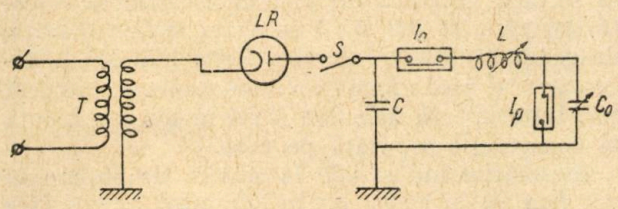


Fig. 7. T — transformator de tensiune; LR — lampă redresoare; S — separator; C — schema tuturor capacităţilor; I_a — întreruptor auxiliar; I_p — întreruptor de încercat; L — reactor; C_0 — condensator variabil cu ajutorul căruia se reglează viteza de restabilire a tensiunii.

Faza I. Când condensatorii s'au încărcat până la tensiunea U, separatorul S se desface. Intreruptorul de încercat I_p este închis înaintea întreruptorului auxiliar I_a. Când întreruptorul I_a este închis, condensatorul C se descarcă şi prin întreruptorul I_p trece un curent:

$$i = \frac{U}{\omega L} e^{-\alpha t} \sin \omega t$$

unde: U — tensiunea condensatorului C; iar

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Ca să se determine valoarea primei amplitudini se consideră $e^{-\alpha t} \cong 1$

$$i_{max} = U \sqrt{\frac{C}{L}} = U \omega C.$$

Puterea schemei este

$$P = \frac{UI}{2} = U_{ef} \omega C$$

Energia schemei este

$$W = CU^2_{ef}$$

Faza II. Aceasta este faza circuitului oscilant care determină viteza de creştere a tensiunii de restabilire.

Contactul întreruptorului I_p se desface, arcul se stinge. Tensiunea care apare între cele două contacte este

$$U_r \simeq U_0 \frac{C}{C + C_0} (1 - \cos \omega_1 t)$$

U_0 este tensiunea condensatorului C în momentul stingerii arcului

$$\omega_1 \approx \sqrt{\frac{C + C_0}{CC_0 L}}.$$

Practic

$$C_0 \ll C$$

şi deci

$$U_{r max} = 2U_0 \frac{C}{C + C_0} \simeq 2U_0$$

$$\omega_1 \simeq \frac{1}{\sqrt{LC_0}}$$

viteza de creştere a tensiunii de restabilire între contactele întreruptorului I_p este

$$V_{medie} = \frac{U_{r max}}{0{,}5\ T} = \frac{2U_0}{\sqrt{LC_0}} \cdot \frac{1}{\pi}.$$

Alegând valoarea lui V mediu putem stabili valoarea necesară a lui C_0

$$C_0 = \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{U_0^2}{LV^2_{med}}$$

La Institutul unional de energetică (BƎU) din Moscova instalaţia se compune din 364 condensatori 70 kV, fiecare având o capacitate de 2,4 μF. Condensatorii se încarcă în serie, câte doi, adică la 140 kV. Prin legarea în paralel a celor două jumătăţi se realizează o baterie de capacitate:

$$C = \frac{2{,}4 \times 364}{16} = 55\ \mu F$$

la o tensiune de 280 kV_{max} sau 200 kV_{ef}.

Patru reactori de 46,5 mH permit să se producă un curent dela 3 425 A până la 137 000 A.

Faţă de încercarea întreruptorilor în schema cu maşini rotative, schema circuitului oscilant are o serie de avantaje.

Rezultatele de până acum au arătat că costul utilării unui laborator cu instalaţie de circuit oscilant costă de cinci ori mai puţin decât instalaţia de maşini rotative. Consumul de energie electrică la încercarea întreruptorilor la putere de rupere este de o sută de ori mai mic în cazul conturului oscilant decât în cazul maşinilor rotative. Pe când un laborator cu maşini rotative reprezintă în definitiv o staţie electrică cu tot complexul de servicii auxiliare, în cazul circuitului oscilant, elementul de bază este condensatorul, care este în fond un aparat static.

Timpul de pregătire a încercării este relativ scurt, ceeace permite să fie executate în acelaşi timp un număr mult mai mare de încercări decât în cazul maşinilor rotative. Marele avantaj al schemei este faptul că permite reglajul vitezei de o creştere a tensiunii de restabilire.

Circuitul oscilant poate fi folosit, pe lângă utilizarea de mai sus:

a) Ca staţie de încercare a siguranţelor fuzibile.

b) Ca staţie de încercare a descărcărilor electrici *). Stabilind o frecvenţă a oscilaţiilor proprii de 50 Hz pentru o parte din bateria de condensori, iar restul de condensatori folosindu-l ca generator de impuls, se pot încerca descărcători în condiţii de funcţionare foarte apropiate de cele reale.

c) Circuitul oscilant poate fi folosit ca generator de impuls de tensiune şi de curent.

Din relaţia $W = U^2 \omega C$ se vede că se poate mări puterea circuitului oscilant şi fără ca să se mărească valoarea capacităţii C, ci numai mărind frecvenţa oscilaţiilor proprii. Nu s'au stabilit însă deocamdată caracteristicile de funcţionare a întreruptorilor la o frecvenţă mai ridicată.

*) In conformitate cu proectul de STAS 282-52, termenul de paratrăsnet este înlocuit cu descărcător.

Limitele încercării în schemă a circuitului oscilant sunt următoarele :

a) Se foloseşte numai pentru întreruptorii cu timpul de ardere 2-3 perioade, ceeace este cazul tuturor întreruptorilor.

b) Este o încercare monofazică ; pentru încercarea întreruptorilor mici trifazici, schema nu poate fi folosită. Aceştia se încearcă în reţea sau în staţie cu maşini rotative. In GOST-ul 687-41 „întreruptori de înaltă tensiune" se prevăd numai încercările în reţea şi în contur oscilant.

c) Schema nu permite încercările la curenţi mici, deoarece aceasta înseamnă micşorarea numărului de condensatori şi în acest caz energia desvoltată nu va mai fi suficientă şi arcul se stinge.

Schema, în prezent este completată, permiţând încercări uşoare atât la curenţi mici cât şi la tensiuni mici.

Concluzii. In cele expuse mai sus rezultă că, în ceeace priveşte staţia de încercare la puterea de rupere, nu trebue mers pe o singură linie. Incercările întreruptorilor trifazici este necesară să se facă în reţea, iar pentru necesitatea cercetărilor până la 200 MVA se poate realiza o staţie de generator rotativ de şoc. Peste 200 MVA, încercarea se poate face în circuit oscilant, întrucât toţi întreruptorii dela 200 MVA în sus se execută în construcţie separată pe faze.

Incercările industriale la putere de rupere se vor face fie în reţea, iar în laborator se vor face atât pe circuit oscilant cât şi cu generator de şoc.

Bibliografie

(1) *Babicov M. A.*, Aparate moderne de înaltă tensiune, 1950.
(2) *Builov A. I.*, Electricestvo, 5 (1946).
(3) *Gessen V. I.*, Electricestvo, 12 (1939).
(4) *Gorev A. A., Kaplan V. V., Naşatâr V. M.*, Electricestvo, 6 (1951).
(5) Electricestvo, 4 (1952).

★

ИСПЫТАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА РАЗРЫВНОЙ МОЩНОСТИ

Резюме

В первой части коротко рассматриваются теоретические вопросы электрической дуги.

Потом излагается принципиальные недостатки искусственных синтетических схем.

Излагаются теоретические основы и экономические преимущества колебательного контура Проф. А. А. Горева, также и его пределы измерения. Предлагается применение ударного генератора до 200 MVA, а выше 200 MVA колебательного контура.

★

INTRODUCEREA UNUI FACTOR NOU ÎN ALEGEREA CONDUCTORILOR PENTRU TRANSPORTUL DE ENERGIE ELECTRICĂ PE LINIILE AERIENE DE MEDIE ŞI INALTA TENSIUNE

Ing. V. CAŞIN POPESCU

La liniile aeriene se mai poate întâlni un fenomen mai rar şi mai puţin studiat: saltul conductorilor, adică oscilaţiile conductorilor, în plan vertical, cu o amplitud ne mare, fenomen care poate pune în pericol securitatea liniilor şi continuitatea în funcţionare. Una din cauzele importante ale producerii acestui fenomen sunt acţiunile verticale ale vântului, datorite mişcărilor ascensionale violente ale maselor de aer, ce se pot produce dealungul unui front întins, sau local. Fenomenul nu se observă decât la acele fire la care greutatea lor nu poate compensa valoarea acţiunilor verticale ale vântului.

In proiectarea liniilor aeriene de transport de energie electrică de înaltă tensiune, determinarea distanţelor între suporţi şi alegerea conductorilor se face adesea arbitrar, folosindu-se drept modele liniile deja construite; se reproduc astfel erorile de concepţie pe care pot să le prezinte liniile existente şi se neglijează cercetarea unor mai bune condiţiuni de exploatare.

In calculul raţional al distanţelor economice şi al conductorilor electrici pentru reţelele de înaltă tensiune, intervin în deosebi două consideraţiuni principale: *economia* şi *securitatea*.

Un element important de economie în ceeace priveşte partea mecanică a liniilor, este cercetarea deschiderii economice între suporţi. In cazul terenurilor neaccidentate şi ferme, există totdeauna posibilitatea de a se determina lungimea distanţei celei mai economice, pe cale teoretică, prin stabilirea unei relaţii de minim între costul diferitelor tipuri de suporţi (se pune în ecuaţie legea variaţiei costurilor, în care se ţine seama de toate cheltuielile pentru fundaţii, stâlpi, izolatori, armături, poză, etc.) şi distanţe.

Se pot stabili astfel pentru fiecare tip de suport (metalic, din beton armat sau din lemn) înălţimile şi tensiunile mecanice economice şi deschiderile optime, care urmează să fie adaptate cu maximum de profit profilului în lung al terenului corespunzător axei liniei.

Deschiderile, din punct de vedere economic, sunt condiţionate de natura şi secţiunile conductorilor.

Pentru alegerea metalului şi secţiunei economice a conductorilor, se folosesc metodele savanţilor sovietici: Prof. V. M. Hrusciov (asupra aflării minimumului de metal neferos), Prof. N. Stepanov (asupra pierderilor de tensiune) şi Prof. M. Zalenschi (asupra calculului economic al liniilor).

Asigurarea celei mai bune funcţionări a transportului de energie electrică, la un preţ de cost minim, este condiţionată însă şi de securitatea maximă a reţelelor de exploatare. Aceasta se datoreşte faptului că securitatea în exploatare este considerată drept o condiţie primordială a unei bune electrificări.

Un factor, neglijat însă complet de prescripţiile actuale, în alegerea conductorilor electrici, şi care intervine cu influenţe uneori considerabile în economia şi securitatea liniilor aeriene de medie şi înaltă tensiune, sunt acţiunile verticale ale curenţilor ascendenţi de aer, care pot acţiona asupra conductorilor.

Din observaţiuni asupra liniilor instalate, se constată, că pentru cazurile în care valoarea subpresiunii transmise de curenţii ascendenţi (sau de vârtejuri) conductorilor electrici, este egală sau mai mare decât greutatea conductorilor, aceştia pot pluti în aer, sălta şi da acele periculoase lovituri de bici, care obosesc firele, prilejuesc contactele între ele, cauzând deranjamente în serviciu, şi produc frecvent ruperea conductorilor din armături.

Se întâmplă uneori (în deosebi pe traseele unde liniile aeriene traversează regiuni cu denivelări sau obstacole naturale mari) ca acţiunile verticale ale curenţilor ascendenţi să se compună cu un vânt de aceeaşi direcţie cu a conductorilor; în acest caz, datorită mărimei rezultantelor eforturilor care acţionează asupra firelor şi care pot avea în acelaş timp orientări diferite, se pot stabili între două fire învecinate, contacte puternice, care produc topirea în punctele de contact şi ruperea firelor.

Rezultă deci că pentru acele linii orientate în direcţia vânturilor celor mai puternice, precauţiunea alegerii conductorilor capătă un interes deosebit sub aspectul acţiunilor verticale.

Se înţelege însă că acţiunile verticale date de curenţii ascendenţi, nu sunt singurele care produc, în acest caz, saltul conductorilor. Datorită faptului că firul prezintă suprafeţe înclinate, acestea tind să fie ridicate şi de un vânt orizontal. Sub influenţa acestui vânt, când suflă în direcţia liniei, conductorii încep să salte, formând un fel de unde oscilante, care iau de obicei, la firele uşoare, forma —în plan vertical— a unei cicloide scurtate, răsturnată, înălţimea acestora variind cu tăria vântului, cu săgeata şi cu massa conductorului.

A. I. Liberman şi C. S. Dutchin, arată că ,,în reţeaua de înaltă tensiune a sistemului energetic Mosenergo în 1937 a fost un caz când timp de 11 ore s'a observat saltul conductorilor pe 25

linii de 6,30 şi 110 kW. Anumite linii care aveau conductorii dispuşi vertical au fost întrerupte şi aproape 9 ore consecutiv nu au putut fi puse în funcţiune din cauza loviturilor de bici care se produceau la fiecare minut". Fenomenul semnalat de inginerii sovietici îşi găseşte interpretarea în acţiunea curenţilor ascendenţi asupra conductorilor. Aceşti ingineri au măsurat salturi în plan vertical ale conductorilor „formând un fel de unde cu amplitudini de 5—6 m şi făcând una sau două oscilaţii pe secundă" (2).

Din experienţă se poate constata, că pentru a face să plutească şi să salte firele uşoare ale reţelelor instalate, sunt suficienţi curenţii ascendenţi de câţiva metri pe secundă.

Cunoscându-se, din studiul sborului cu aripă, valoarea practică ce o pot atinge acţiunile ascendente şi importanţa ce o au, precum şi acţiunea acestora asupra cablurilor suspendate, se poate admite introducerea şi în calculul de securitate al liniilor aeriene electrice de înaltă tensiune, a acţiunilor ascendente transmise conductorilor de mişcarea masselor de aer, ca una din cauzele determinante ale vibraţiunii şi saltului conductorilor.

Se înţelege însă, că valorile de calcul ce ne interesează în fenomenul ce prezentăm, sunt superioare celor ce interesează sborul cu aripă.

Din cercetarea şi interpretarea ad casum, a ipotezelor şi aplicaţiunilor aerodinamicei şi din observaţiuni directe asupra liniilor instalate, am putut deduce, pentru acţiunile ascendente ale vântului, presiuni dinamice unitare, care pentru înălţimile până la 30 m dela sol, au valori practice de 30 kg/m² de secţiune longitudinală a pieselor cu secţiune circulară.

Aceasta conduce la concluziunea că anumite diametre, funcţie de densitatea metalelor, nu sunt recomandabile, sub aspectul economiei şi al securităţii, în liniile de medie şi înaltă tensiune.

Observaţiunile inginerilor sovietici asupra vibraţiunii şi saltului conductorilor confirmă această interpretare. Aceştia arată că „vibraţiunile conductorului se produc cel mai des pe liniile de 3—10 kV şi pe liniile de 20—35 kV", iar saltul se produce la „vânturi puternice cu o viteză dela 5—20 m pe secundă", ceeace înseamnă că firele de secţiuni mici folosite pe liniile de medie şi înaltă tensiune sunt mai uşor supuse influenţei reacţiunilor ascendente.

In tabela 1, s'au dedus, în ipoteza unei subpresiuni de 30 kg/m² de secţiune longitudinală, diametrele minime admisibile şi secţiunile corespunzătoare, pentru conductorii electrici aerieni de diferite metale ; mărcile şi caracteristicile acestora sunt cele din gosturile sovietice în vigoare.

In coloana 6 a acestei tabele s'au trecut, comparativ, pentru fiecare din diametrele minime, inclinaţiunea maximă ce pot lua conductorii respectivi, sub acţiunea unui vânt orizontal, suflând, la o temperatură medie, perpendicular pe direcţia conductorilor, cu o presiune de 70 kg pe secţiunea longitudinală ; pentru fiecare din aceşti conductori se vede că unghiul de înclinaţie, sub

Tabela 1

Nr. crt.	Natura şi marca conductorului	Diametrul minim admisibil mm	Greutatea pe m g	Subpresiunea pe m g	Sarcina de rupere kg	Inclinaţiunea maximă grade
	1	2	3	4	5	6
1	Cupru M. 25	6,3	222	189	945	64°
2	Aluminium A. 185	17,4	516	522	2990	67°
3	Oţel-Aluminium As-95.....	13,9	431	417	3250	67°
4	Aliaj de aluminium (Aldrey) AD 240	20,1	650	603	7200	66°
5	Oţel J. 35	7,8	290	234	2230	62°

presiunea maximă admisă a vântului, nu depăşeşte 67° întregi. Acesta ar fi deci, unghiul corespunzător înclinării maxime admisibile, sub acţiunea orizontală a vântului, pe care o pot lua conductorii electrici neizolaţi, folosiţi în reţelele aeriene de înaltă tensiune, în scopul de a se elimina saltul conductorilor în plan vertical şi neajunsurile ce ar putea rezulta din producerea acestui fenomen.

Pentru conductorii electrici cu diametre sub sau apropiate de cele minime admisibile, deschiderile economice sunt limitate, în special, şi de condiţiunile de securitate.

Precauţiunea de limitare a deschiderilor cuprinde toată lungimea liniilor aeriene, în cauză, datorită caracterului general al fenomenului. Acţiunile verticale (curenţii ascendenţi) se produc mai totdeauna instantaneu şi cu un vânt neregulat, suflând în rafale sau în vârtejuri ; din această cauză, nu se poate conta pe o direcţie determinată a rezultantei eforturilor care acţionează asupra conductorilor şi pe care îi biciueşte în toate părţile.

Este suficient, prin urmare, în caz de furtună, ca un curent ascendent să se producă pe un spaţiu limitat, pentru ca să se pună în pericol întreaga linie şi să producă deranjamente în funcţionare.

Acolo unde curenţii de convecţiune se întâlnesc cu oarecare regularitate, datorită configuraţiei particulare a suprafeţei solului, (exemplu : la noi, în regiunea Codlea şi Mocrea) şi unde frecvenţa şi tăria acestora s'au putut studia şi măsura, iar valorile obţinute conduc la mărimi superioare limitei alese pentru subpresiunea unitară, precum şi acolo unde formarea curenţilor ascendenţi pe profilul în lung al unei linii este favorizată de obstacole naturale (dealuri, munţi), se recomandă să se ia măsuri speciale de precauţiune locală privind deschiderile între suporţi şi alegerea conductorilor.

Staţiunile noastre meteorologice nu au întreprins până în prezent, cu regularitate, observaţiuni asupra convecţiei straturilor de aer sau a vârtejurilor, care să permită adoptarea unor astfel de măsuri.

Din examinarea diametrelor minime trecute în tabela 1, se observă, că introducerea acestora în calculul liniilor electrice aeriene favorizează, pentru înaltele tensiuni, (spre deosebire de

secţiunile mici) alungirea distanţelor dintre suporţi, corectarea calculului electric şi calorific şi completarea calculului mecanic, în sensul că face mai omogeni coeficienţii de securitate parţiali, admişi în cazul sarcinilor anormale (polei, chiciură, reacţiuni ascendente).

Intr'adevăr, într'un conductor de rezistenţă R, la trecerea unui curent I în timpul t se produce o pierdere de energie RI^2t, considerată ca neutilizată. Valoarea acestei energii în timp de 1 an, multiplicată cu preţul de furnizare al unităţii de energie, totalizează pierderile pe un an datorită rezistenţei liniei. Pentru a se elimina aceste pierderi de energie, I fiind presupus determinat prin ipoteză, rezultă că trebue diminuat R, deci mărită secţiunea conductorului, adică a greutăţii acestuia. Se obţine în acest mod un indice mai bun de utilizare, costul conductorilor fiind în ultima analiză compensat cu o serie de economii ce se obţin prin mărirea distanţelor dintre suporţi, precum: reducerea numărului de izolatori, de console, de armături, de aparate de protecţie, de economii de manoperă pentru montarea suporţilor şi întreţinerea liniei.

Se ştie că pierderile Joule sunt mai mici cu cât suprafaţa de răcire este mai mare, deci o încălzire cu mult mai mică şi o capacitate ridicată de suprasarcină momentană.

Deasemeni se admite că greutatea stratului de chiciură susceptibil a se forma în jurul conductorilor, este în general independentă de secţiune (3). Aceasta înseamnă că raportul greutăţii totale a conductorului încărcat cu chiciură, la greutatea sa proprie, este cu atât mai mare — deci mai periculos — cu cât secţiunea este mai mică.

Toate aceste argumente au fost reamintite pentru a preciza dintr'un început modul în care urmează să se examineze problema investiţiilor suplimentare ce s'ar face pentru anumite linii, în conductorii electrici, din cauza prohibirii unor anume diametre, recomandate totuşi de unele reguli practice pentru liniile de înaltă tensiune.

Astfel, dacă pentru unele linii de medie tensiune s'ar putea pune problema investiţiilor suplimentare ce s'ar face în conductori în cazul interzicerii diametrelor a căror greutate riscă să fie întrecută de subpresiunea vântului, — eventualele ruperi de fire şi deranjamente în serviciu fiind, pentru aceste linii, dela început admise, — adoptarea unor diametre limită apare necesară însă pentru liniile dela 35 kV în sus.

In această privinţă observaţiunile generale făcute până în prezent asupra liniilor construite, în în legătură cu alegerea secţiunii utile a conductorilor electrici aerieni, arată că atunci când se examinează calculele ce conduc la linii care dau deplină satisfacţie de îndată ce secţiunea conductorilor depăşeşte un anumit minimum, aceleaşi calcule aplicate pe secţiuni mici, conduc adesea la neajunsuri şi la ruperi de conductori. Aceasta provine de acolo că pentru secţiunile mici, eforturile neprevăzute, precum brusce rafale de vânt, sau fenomene rău cunoscute, precum vibraţiile, ating uneori valori relativ mari. Prin urmare face parte din regulile artei de a nu coborî dedesubtul unor anumite diametre minime ale conductorilor, oricare ar fi justificarea pe care ar părea să o dee diferitele calcule.

Pentru ca, bazate pe fundamentele mecanicei fluidelor şi ipotezelor corespunzătoare făcute în aerodinamică, să se poată face desvoltări matematice complete privind acţiunea mişcării maselor de aer asupra conductorilor electrici, combinată cu acţiunea acestora şi asupra izolatorilor şi suporţilor folosiţi în reţelele aeriene de medie şi înaltă tensiune, în scopul standardizării unor condiţii de limitare a secţiunilor utile pentru conductori, sub aspectul securităţii liniei şi continuităţii în serviciu, — este nevoe în prealabil, de un bogat studiu documentar practic, efectuat prin observaţiuni directe asupra liniilor instalate, — pentru care cerem colaborarea tuturor inginerilor şi tehnicienilor specialişti — şi prin realizarea unor reţele de experimentare, în vederea stabilirii unui cadru general al problemei, pentru rezolvarea ei.

Bibliografie

(1) *Riabcov I. A.*, Reţele electrice (trad. din l. rusă). Editura Tehnică, 1952.

(2) *Dutchin S. G.* şi *Liberman I. A.*: Construcţia şi exploatarea liniilor aeriene de înaltă tensiune (trad. din l. rusă). Editura Tehnică, 1951.

(3) *Wald Emil*, Studiul formării chiciurei. Bul. A.S.E., 8—12 (1933).

★

ВВЕДЕНИЕ НОВОГО ФАКТОРА В ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ВОЗДУШНЫМ ПРОВОДАМ СРЕДНЯГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Резюме

Автор указывает, что одна из главных причин колебания электрических воздушных проводов, в вертикальном плане, с большой амплитудой, является снижение давления переданные им сильными восходящими движениями масс воздуха, которые происходят на большой длине, — чему способствуют естественные преграды, — или вихри.

Из непосредственных наблюдений над проводами и измерений скорости этих восходящих потоков, определяется для вертикального противодействия ветра, величина до 30 кг/кв. м. продольного разреза провода.

Учитывая это значение и при условии, что дейтвительная тяжесть л. м. провода не была бы превзойдена соответствующим снижением давления, была составлена таблица допустимых минимальных диаметров ниже которых сооружение воздушных линии средняго и высокого напряжения неизолированными проводами не рекомендуется производить, ввиду того, что в этом случае, рискуют иметь контакты между проводами, перерывы службы и частые обрывы.

★

INFLUENŢA CRESTĂTURILOR ASUPRA COMPORTĂRII MAŞINII UNIPOLARE

Ing. TOMA DORDEA

Lucrarea de faţă se ocupă cu influenţa pe care o are faptul că indusul este dinţat (cu crestături) asupra comportării maşinii unipolare, în comparaţie cu comportarea unei maşini cu indus neted. Urmărind factorii principali care determină comportarea maşinii, se stabileşte că, în general, maşina unipolară cu indus dinţat este mai favorabilă decât maşina cu indus neted, aceasta din urmă fiind caracterizată prin uşurinţe constructive, relativ, mai mari.

Se ştie că maşinile de curent continuu fără colector au fost desvoltate parţial în jurul anului 1903, când au fost abandonate în faţa maşinilor actuale cu colector. Ele se construesc din nou în ultimul timp, fiind utilizate cu succes, pentru obţinerea curenţilor importanţi (6000—50 000 A) sub tensiuni foarte joase (6 — 40 V).

Aceste maşini în care liniile de câmp magnetic trec într'un singur sens prin mantaua activă a indusului, — de unde denumirea, de fapt improprie, de maşini unipolare—pot avea indusul atât neted, cât şi cu crestături. De asemenea, partea electric activă a indusului poate fi separată de miezul magnetic (manta sau bare de cupru sau aluminiu), sau poate face corp comun cu acesta (materialul feromagnetic are şi rolul de conductor electric).

Ne ocupăm cu maşinile în care partea activă a indusului este separată de miezul feromagnetic, şi ne propunem să determinăm cum este mai avantajos să se execute indusul unei maşini unipolare din punctul de vedere al puterii care se poate obţine şi al greutăţii de metal colorat pe unitatea de putere cu sau fără crestături.

Maşinile fără crestături au un cilindru de cupru tras pe indusul de oţel, la ale cărui capete se găsesc două inele colectoare pe care calcă periile de colectare. Cele cu crestături au un rotor de tipul rotoarelor în colivie ale maşinilor asincrone, cu una sau mai multe colivii distincte, fiecare având periile corespunzătoare celor două polarităţi, după cum este nevoie de o tensiune mai joasă sau mai înaltă.

Astfel, problema se reduce la a compara, din punctele de vedere de mai sus, două indusuri, unul fără şi altul cu crestături.

Considerăm un stator cu înfăşurarea de excitaţie, a cărei t.m.m. asigură existenţa câmpului magnetic dealungul liniei de câmp magnetic. Fiecare porţiune a liniei de câmp magnetic necesită un anumit număr de amperspire, corespunzătoare intensităţii câmpului magnetic şi lungimii liniei de câmp respective. Un astfel de număr corespunzător de amperspire necesită şi întrefierul şi grosimea cilindrului (mantăii) de cupru, sau dinţii, pe care le presupunem constante, ceea ce face ca modificările să se refere numai la rotor, restul ciruitului magnetic rămânând nemodificat.

Considerăm mai întâi cazul rotorului fără crestături. Fig. 1 reprezintă o parte din secţiunea transversală şi anume regiunea întrefierului, care ne interesează. Conform figurei avem :

D — diametrul indusului în m ;

h_1 — grosimea stratului de cupru, care constitue partea activă în m ;

δ — întrefierul maşinii în m. In ceeace priveşte întrefierul δ, îl considerăm fixat constructiv, deci minim posibil.

Fie mai departe :

B — inducţia magnetică în întrefier, în W_b/m^2 ;

v — viteza periferică a indusului, în m/s ;

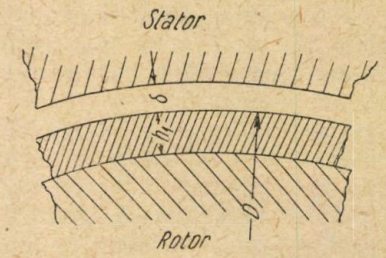


Fig. 1. Secţiune transversală în regiunea întrefierului, prin maşina cu indus neted.

J_1 — densitatea curentului electric în stratul de cupru, în A/m^2 ;

λ — conductibilitatea electrică a stratului activ de cupru, în $\frac{1}{\Omega_m}$;

E_{u_1} — intensitatea de câmp electric util, în V/m ;

P_1 — puterea utilă obţinută pe 1 m (unitatea de lungime) de maşină, măsurat axial, în W ;

p_1 — pierderile prin efect Joule-Lenz pe aceeaşi porţiune, în W ;

V_{H_1} — t.m.m. a întrefierului δ şi a stratului de cupru h_1, în A.

Ţinând cont că din intensitatea de câmp electric indus prin rotaţie B_v, numai o parte contribue la obţinerea tensiunii la borne şi anume E_u, cealaltă parte $\frac{J}{\lambda}$ trebuind să acopere căderea ohmică, avem :

$$B_v = E_u + \frac{J_1}{\lambda} .$$

Nu ţinem cont de căderea de tensiune sub perii, deci considerăm tensiunea la inelele colectoare, căci căderea la perii este independentă de felul de înfăşurare a indusului. Avem în consecinţă

pentru puterea obţinută pe unitatea de lungime axială :

$$P_1 = I_1 E_{u1}, = \pi (D - h_1) h_1 J_1 \left(B_v - \frac{J}{\lambda} \right) \text{ W/m}.$$

Pentru pierderile în indus pe aceeaşi lungime avem :

$$p_1 = I_1 \frac{J_1}{\lambda} = \pi (D - h_1) h_1 \frac{J_1^2}{\lambda} \text{ W/m} .$$

Pentru t.m.m. a întrefierului şi grosimii stratului de cupru h_1, avem :

$$V_{H1} = \frac{B}{\mu_0} \delta + \frac{B}{\mu_0 \mu_c} h_1 \qquad \text{A.}$$

unde μ_c este permeabilitatea magnetică a cuprului care se poate considera practic $1 = \mu_c \approx 1$.

Considerăm acum indusul dinţat şi calculăm şi pentru el aceleaşi mărimi ca pentru cel neted. La acesta trebue să se mai ţină seama de forma crestăturii şi a dintelui. De oarece forma crestăturii influenţează mai mult asupra dispersiei crestăturii, care în cazul de faţă nu intră în considerare, decât asupra puterii şi economiei de cupru, considerăm forma de crestătură care ne duce la expresii mai simple. Alegem în consecinţă o astfel de crestătură, încât dinţii să aibă marginile paralele, deci de forma din fig. 2. Intrefierul îl considerăm acelaşi ca şi în cazul precedent. Inăl-

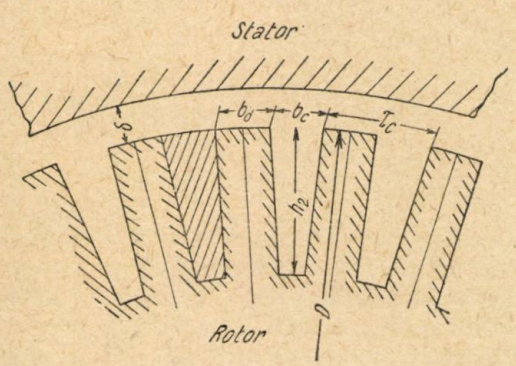


Fig. 2. Secţiune transversală în regiunea intrefierului prin maşina cu indus dinţat.

ţimea dintelui fie h_2, b_d lăţimea lui, b_c a crestăturii şi τ_c pasul crestăturii, toţi măsuraţi la periferia indusului. De asemenea, inducţia în întrefier este aceeaşi B şi la fel iuţeala periferică v. Dacă n_c reprezintă numărul de crestături ale indusului şi J_2 densitatea curentului electric în bare în A/m^2, pentru mărimile calculate la indusul neted avem :

$$P_2 = I_2 E_{u2} = [\pi (D - h_2) - n_c b_d] h_2 J_2 \left(B_v - \frac{J_2}{\lambda} \right)$$

$$p_2 = I_2 \frac{J_2}{\lambda} = \left[\pi (D - h_2) - n_c b_d \right] h_2 \frac{J_2^2}{\lambda} \qquad \text{şi}$$

$$V_{H2} = \frac{B}{\mu_0} k_c \delta + h_2 \cdot H_d$$

unde k_c este factorul de intrefier, iar H_d este intensitatea de câmp magnetic din dinţi, în sistemul MKS numeric egală cu amperspirele specifice corespunzătoare inducţiei B_d din dinţi, dedusă din curba de magnetizare a materialului feromagnetic.

Pentru greutăţile de cupru din cele două indusuri pentru aceleaşi porţiuni (unitatea de lungime axială) avem :

$$G_{cu1} = \pi (D - h_1) h_1 \gamma_{cu}$$

$$G_{cu2} = \left[\pi (D - h_2) - n_c b_d \right] h_2 \gamma_{cu} .$$

Problema se reduce la a compara mărimile $P_1 p_1$ V_{H1} şi G_{cu1} cu cele referitoare la indusul dinţat P_2, p_2, V_{H2} şi G_{cu2}, cu anumite condiţii şi anume :

a) t.m.m. V_{H1} şi V_{H2} să fie aceleaşi, de oarece în acest caz putem urmări numai fenomenele din rotor, cele din stator rămânând neschimbate ;

b) pierderile p_1 şi p_2 să fie aceleaşi, deoarece ne situăm în cazul că avem dată o maşină unipolară cu indus nedinţat, solicitată la maximum, adică încălzirea la regim de durată este maxim admisibilă, determinată de posibilităţile de evacuare a clădirii şi o comparăm cu una cu indus dinţat, deasemenea solicitată la maximum. In această situaţie posibilităţile de evacuare a clădirii fiind aceleaşi, încălzirea maximă admisibilă este deasemenea aceeaşi şi deci pierderile trebue să fie aceleaşi.

Pentru abreviaţie introducem notaţiile următoare

$$\xi = \frac{P_2}{P_1} ; \xi = \frac{P_2}{P_1} ; \alpha = \frac{h_2}{h_1} ; \beta = \frac{J_2}{J_1} \text{ şi } \gamma = \frac{\tau_c}{b_a}$$

cu aceasta, relaţiile de mai sus, corespunzător condiţiilor de sub *a* şi *b*, devin :

$$\xi = \frac{\left(1 - \alpha \frac{h_1}{D} - \frac{1}{\gamma} \right) \alpha \beta \left(1 - \beta \frac{J_1}{B_v \lambda} \right)}{\left(1 - \frac{h_1}{D} \right) \left(1 - \frac{J_1}{B_v \lambda} \right)} \qquad (1)$$

$$\zeta = \xi \frac{1 - \frac{h_1}{D}}{\alpha \left(1 - \alpha \frac{h_1}{D} - \frac{1}{\gamma} \right)} \qquad (2)$$

$$1 - \frac{h_1}{D} = \left(1 - \alpha \frac{h_1}{D} - \frac{1}{\gamma} \right) \alpha \beta^2 \qquad (3)$$

$$\frac{B h_1}{\mu_0 \mu_c} - \frac{B \delta}{\mu_0} (k_c - 1) = \alpha h_1 H_d \qquad (4)$$

din relaţiile (2) şi (3) deducem imediat :

$$\zeta = \xi p^2 = \frac{1}{1 - \frac{J}{B_v \lambda}} \cdot \beta - \frac{\frac{J_1}{B_v \lambda}}{1 - \frac{J_1}{B_v \lambda}} \beta^2 ; \qquad (5)$$

din relaţiile (1) şi (3) deducem :

$$\xi = \frac{1}{1 - \frac{J_1}{B_v \lambda}} \cdot \frac{1}{\beta} - \frac{\frac{J_1}{B_v \lambda}}{1 - \frac{J_1}{B_v \lambda}} ; \qquad (6)$$

din (4) :

$$\alpha = \frac{B}{\mu_0} \cdot \frac{\frac{h_1}{\mu_c} - \delta(k_c - 1)}{h_1 H_d} \qquad (7)$$

şi din (3) :

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - \frac{h_1}{D}}{\alpha\left(1 - \alpha\frac{h_1}{D} - \frac{1}{\gamma}\right)}} \qquad (8)$$

Dacă notăm cu η raportul dintre partea intensităţii de câmp electric indus prin rotaţie, care contribue la tensiunile de borne E, şi intensitatea de câmp electric totală indusă prin rotaţie B_v, adică :

$$\eta = \frac{E_{u1}}{B_v} = \frac{B_v - \frac{J_1}{\lambda}}{B_v} = 1 - \frac{J_1}{B_v \lambda}$$

atunci expresia (5) ia forma :

$$\zeta = \frac{\beta}{\eta} - \beta^2 \frac{1-\eta}{\eta} . \qquad (9)$$

Din relaţia (9) rezultă că raportul dintre puterile pe unitatea de greutate de cupru din indus variază parabolic cu β. In acest caz η este un parametru, care are poate mare influenţă asupra comportării maşinii.

Se vede simplu că η nu poate varia decât între 0 şi 1, 0 corespunzând scurtcircuitului, iar 1 mersului în vid. Familia de parabole, în care η este parametru, trece prin două puncte fixe:

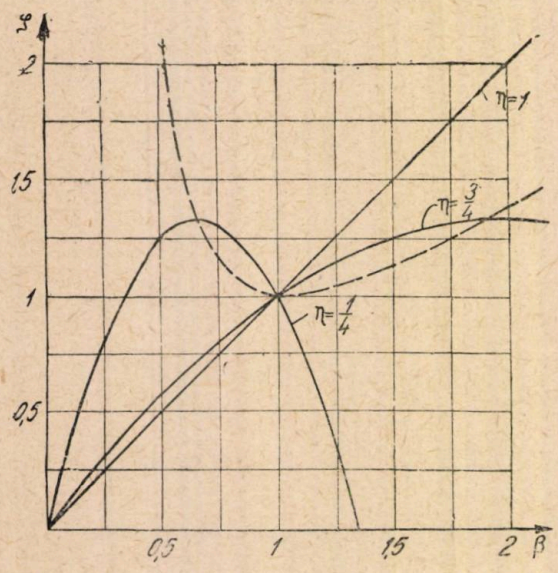


Fig. 3. Variaţia lui ζ în raport cu β pentru cazul că se consideră numai cuprul activ din indus.

origina axelor de coordonate (fig. 3) şi punctul $\beta = 1$, $\zeta = 1$. Vârfurile parabolelor se găsesc pe curba în linii întrerupte, care are minimul în punctul $\eta = 1$, $\zeta = 1$, o funcţionare mai favorabilă a indusului dinţat se obţine atunci când $\zeta > 1$, situaţia posibilă în moduri diferite, după diferitele valori ale lui η.

Pentru $\zeta = 1$ obţinerea din (9) :

$$(\beta - 1)\left(\eta - \frac{\eta}{1-\eta}\right) = 0$$

deci

$$\eta = 1 \text{ şi } \beta \frac{\eta}{1-\eta} \qquad (10)$$

Se observă că $\frac{\eta}{1-\eta} > 1$ pentru $\eta > 0{,}5$ şi $\frac{\eta}{1-\eta} < 1$ pentru $\eta < 0{,}5$.

In consecinţă indusul dinţat se comportă mai favorabil decât cel neted, din punctul de vedere al consumului de cupru activ din indus, în următoarele două cazuri

$$\frac{\eta}{1-\eta} < \beta < 1 \quad \text{pentru} \quad \eta < \frac{1}{2} \qquad (11')$$

şi

$$1 < \beta < \frac{\eta}{1-\eta} \quad \text{pentru} \quad \eta > \frac{1}{2} \qquad (11')$$

Pentru a ne putea da seama când suntem în cazul (11') sau (11'') considerăm că avem două feluri de materiale active, unul cu conductibilitatea electrică λ, celălalt cu λ' şi ocupă aceleaşi volume. Condiţia este ca pierderile să fie aceleaşi ; adică trebue să avem :

$$\frac{J^2}{\lambda} = \frac{J'^2}{\lambda'} \text{ deci } J' = J\sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda}}$$

şi deci :

$$\eta' = 1 \frac{J'}{\lambda' B_v} = 1 - \frac{J}{\lambda' B_v}\sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda}} = 1 - \frac{J}{\lambda B_v} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}} .$$

Rezultă că valori mici pentru η' se obţin când λ' este mic, ceea ce înseamnă că ne putem găsi în domeniul relaţiilor (11') în cazul utilizării, ca materiale active, a unor materiale cu rezistivitate mare, iar în domeniul relaţiilor (11''), când rezistivitatea este mică.

Spre a ne da seama de cum se prezintă cazul practic, putem considera în prima aproximaţie $J = 5 \cdot 10^6$ A m^{-2} ; $B = 1$ w$_b$ m^{-2}, $\lambda = 58 \cdot 10^6$ (ohm m)$^{-1}$ şi $v = 50$ m s^{-1}, atunci $\eta = 1 - \frac{5\ 10^6}{58\ 10^6 \cdot 50} = 0{,}99828$, deci suntem mult în domeniul (11''), când parabola devine aproape bisectoare prima, ceea ce înseamnă că ζ creşte aproape linear cu η.

Rezultă că pentru ca o maşină cu indus dinţat să lucreze mai favorabil decât una cu indus neted, din punctul de vedere al solicitării materialului activ rotoric, trebue ca $\beta > 1$.

Evident că nu aceasta este condiţia pentru comportarea globală a maşinii, ci aceasta se obţine luând în considerare întreaga greutate a maşinii, sau cel puţin întreaga greutate de cupru.

Să considerăm acest caz şi anume reducând greutatea oţelului la greutatea cuprului în raportul preţurilor. Fie G_{cu} greutatea maşinii în cupru, mai puţin partea de cupru activ din indus

(deci mai puțin G_{cu1}, respectiv G_{cu2}). In acest caz expresiunea $\zeta = \frac{P_2}{P_1} - \frac{G_1}{G_2}$ devine (G_1 respectiv G_2 reprezintă greutatea totală a mașinii echivalentă în cupru) :

$$\zeta = \xi \frac{G_{cu} + G_{cu1}}{G_{cu} + G_{cu2}} = \xi \frac{G_{cu} + G_{cu1}}{G_{cu} + \frac{1}{\beta^2} G_{cu1}}$$

Notând cu :

$$K = \frac{G_{cu} + G_{cu1}}{G_{cu1}}$$

se obține :

$$\zeta = \xi \frac{K\beta^2}{(K-1)\ \beta^2+1} = k \frac{\frac{\beta}{\eta} - \frac{1-\eta}{\eta}\beta^2}{(K-1)\ \beta^2+1}$$

sau și :

$$\zeta = \frac{\frac{\beta}{\eta} - \frac{1-\eta}{\eta}\beta^2}{\left(1-\frac{1}{K}\right)\beta^2 + \frac{1}{K}} \quad . \qquad (12)$$

Rezultă că expresia lui ζ din (12) se deosebește de cea din (9) prin prezența numitorului diferit de unitate, care reprezintă o familie de parabole care trec toate prin punctul (1 : 1). Practic ele sunt cuprinse între parabolele corespunzătoare lui $K = 2$ și $K = \infty$, trasate în fig. 4. Din această

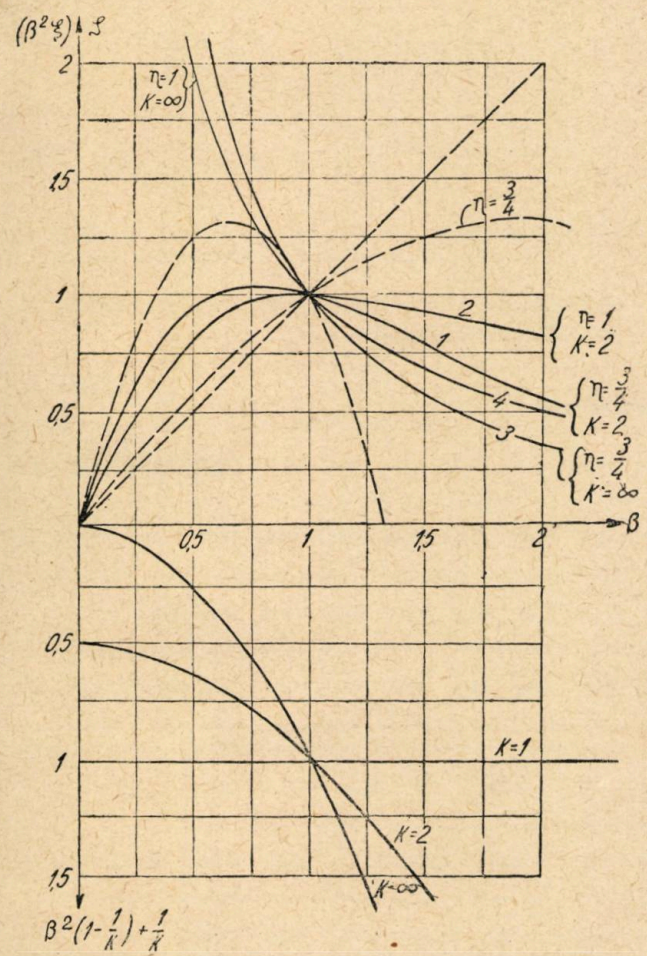


Fig. 4. Variația lui ζ în raport cu β pentru diferite valori ale lui K și η.

cauză valorile lui ζ din fig. 3 (trasate întrerupt pentru $\eta = \frac{1}{4}\ ;\ \frac{3}{4}$) sunt mărite pentru valori ale lui β care corespund relației :

$$0 < \beta < 1$$

și sunt micșorate pentru

$$\beta < 1.$$

Spre a ne da seama de acest efect, trasăm în fig. 4 curbele ζ pentru $\eta = 3/4$, $K = 2$; $\eta = 1$, $K = 2$; $\eta = 3/4$, $K = \infty$ și $\eta = 1$, $K = \infty$, și obținând curbele respective 1, 2, 3 și 4, care reprezintă curbe limită pentru cazurile care intră practic în considerare.

Rezultă din fig. 4 că, cu cât K este mai mare, cu atât acțiunea de mărire a lui în domeniul $0 < \beta < 1$ este mai accentuată, aceasta înseamnă, că *ținând cont de întreaga greutate a mașinii, este mai economică mașina cu indus dințat în domeniul* $\beta < 1$ și cea cu indus neted, nedințat, în domeniul $\beta > 1$ și aceasta cu atât mai mult, cu cât K este mai mare, deci cu cât greutatea totală echivalentă în cupru a mașinii este mai mare față de greutatea cuprului activ a indusului nedințat (inelele colectoare de cupru intră în G_{cu}).

Spre a putea trage concluzii obiective, trebue să vedem cum variază cu diversele modificări care se aduc indusului dințat. Trebue să se țină cont de curba de magnetizare a materialului feromagnetic din care este construită mașina. Considerăm că tot miezul feromagnetic este din oțel Siemens Martin în bloc masiv, în care la indusul dințat, crestăturile sunt frezate în corpul cilindric. Deasemenea considerăm că indusul dințat are tras peste el un bandaj de sârmă de oțel, care are un dublu rol, ține barele de cupru ale coliviei, care formează înfășurarea indusului, contra acțiunii forțelor centrifuge și reduce cât mai mult factorul de întrefier. In prima aproximație considerăm $k_c = 1$.

Cu acestea avem din relația (7)

$$\alpha = \frac{B}{\mu_0 H_d} \quad . \qquad (13)$$

In ceeace privește relația (4), ținem cont de faptul că nu tot fluxul depe un pas de crestătură trece prin dinte, ci o parte și prin crestătură ; deci ținem cont de factorul de dinți k_d, condiție cu atât mai necesară, cu cât inducția magnetică din dinți este mai mare. Facem însă și aici o ipoteză simplificatoare : deoarece dinții sunt cu pereți paraleli, deci de secțiune constantă, admitem că inducția nu variază în lungul lor din cauza îngustării crestăturii. De fapt, această mică variație există, dar este cu atât mai redusă, cu cât diametrul indusului este mai mare. Dacă B_d este inducția reală din dinte, rezultă deci :

$$\hat{\imath}_c \cdot B = \mu_0$$

unde s'a ținut cont că în sistemul MKS intensitatea de câmp magnetic H se măsoară în A/m

și $\mu_0 = 4\pi\,10^{-7}$. Împărțind cu b_d și înlocuind pe $\frac{i_c}{b_d}$ cu γ; $\gamma = \frac{i_c}{b_d}$, avem:

$$\gamma B = \mu_0 H_d (\gamma - 1) + B_d$$

sau și

$$\gamma = 1 + \frac{B_d - B}{B - \mu_0 H_d} \qquad (14)$$

iar relația (8) o păstrăm sub aceeași formă.

Mărimile care pot face ca să varieze β sunt:

$$B,\ \gamma,\ B_d \text{ și } \frac{h_1}{D}\ .$$

Dăm în consecință o serie de valori lui B, B_d și $\frac{h_1}{D}$, astfel încât să cuprindem întregul domeniu care poate intra în considerație. Alegem astfel pentru inducție în întrefier valorile:

$B = 0{,}2\ ;\ 0{,}3\ ;\ 0{,}4\ ;\ 0{,}5\ ;\ 0{,}6\ ;\ 0{,}7\ ;\ 0{,}8\ ;\ 0{,}9\ ;\ 1\ ;\ 1{,}1\ ;\ 1{,}2\ \mathrm{W_b/m^2}$.

pentru B_d (inducție magnetică în dinți alegem:

$B_d = 0{,}4\ ;\ 0{,}6\ ;\ 0{,}8\ ;\ 1\ ;\ 1{,}2\ ;\ 1{,}4\ ;\ 1{,}6\ ;\ 1{,}8\ ;\ 2\ ;\ 2{,}1\ ;\ 2{,}2\ ;\ 2{,}25\ ;\ 2{,}3\ ;\ 2{,}35\ ;\ 2{,}4\ \mathrm{W_b/m^2}$

iar pentru $\frac{h_1}{D}$ alegem:

$$\frac{h_1}{D} = 0{,}05\ ;\ 0{,}01 \text{ și } 0{,}001.$$

Pentru a putea calcula valorile lui α, γ și β trebue să ne fixăm asupra unei curbe de magnetizare și anume cea pentru oțel $S-M$ indicată în tabela 1. Deoarece este mai convenabil ca relațiile (13), (14) și (8) să le scriem sub forma:

$$a = \frac{B}{B_c}\ ; \qquad \gamma = \frac{B_d - B_c}{B - B_c}$$

$$\beta = \frac{B_c}{B} \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{h_1}{D}}}{\sqrt{\frac{\frac{B_d}{B} - 1}{\frac{B_d}{B_c} - 1} - \frac{h_1}{D}}}$$

cu observația că $B_c = \mu_0 H_d$; ($H_c = H_d$ în virtutea ipotezei care se face în teoria mașinilor electrice că bazele creastăturilor și extremitățile dinților se găsesc pe două suprafețe echipotențiale magnetice), este tocmai inducția magnetică din crestătură, trecem în tabela 1 și mărimile B_c și $\mu_{pc} = \frac{B_d}{B_c}$, unde μ_{Fc} reprezintă permeabilitatea magnetică relativă a oțelului.

Cu ajutorul tabelei 1 calculăm pe α, ale cărui valori sunt trecute în tabela 2.

Tot cu ajutorul tabelei 1 se trasează curbele din fig. 5, care prezintă variația lui γ în raport cu inducția în dinți B_d, pentru diferite valori ale inducției din întrefier B.

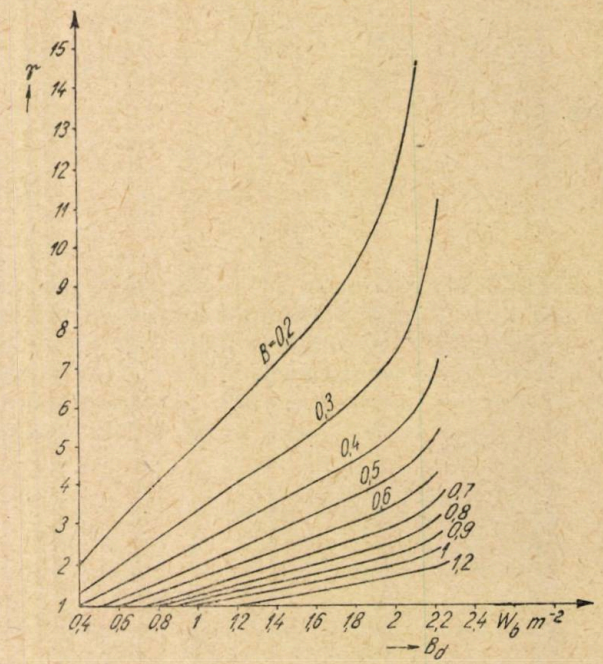


Fig. 5. Variația lui γ în raport cu inducția în dinți B_d, pentru diferite valori ale inducției din întrefier B

Tabela 1

Curba de magnetizare

$B\ \mathrm{W_b\,m^{-2}}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$(H\ \mathrm{Am^{-1}})\ 10^{-2}$. .	0	2	3	3,6	4,2	4,85	5,6	6,5	7,45	8,6	10,2	12,3	15	18,8	24	34	50
$(B_c\ \mathrm{W_b\,m^{-2}})\ 10^4$.	0	2,51	3,77	4,52	5,28	6,1	7,04	8,17	9,36	10,8	12,8	15,5	18,9	23,6	30,2	42,7	6,29
$\mu_e = F_c$		398,5	531	664	758	820	852	856	854	833	782	710	635	551	463,5	351,4	254

B	1,7	1,8	1,9	2	2,05	2,1	2,15	2,2	2,25	2,2	2,35	2,4
$H \cdot 10^{-3}$ . .	75	120	190	270	350	250	580	820	1150	1550	1930	2500
$B_c\ 10^4$ . . .	94,3	151	234	340	440	565	730	1030	1445	1950	2430	3140
μF_c	180,2	119	79,5	58,9	46,1	37,2	29,5	21,4	15,6	11,8	9,67	7,64

$$\alpha = \frac{B}{B_c}$$

Tabela 2

B \ B_d	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,1	2,2	2,25
0,2	378,6	284	213,5	15,6	105,8	66,2	31,8	13,25	5,88	3,54	1,94	1,385
0,3	568	426	322	234,3	158,8	99,3	47,7	19,7	8,82	5,3	2,91	2,075
0,4	757	568	42,7	312,5	211,7	132,4	63,6	26,5	11,76	7,08	3,88	2,77
0,5	—	710	534	390,6	264,5	165,5	79,5	33,1	14,78	8,85	4,85	3,46
0,6	—	—	641	649	318	198,7	95,4	39,7	17,65	10,61	5,82	4,15
0,7	—	—	748	547	380,5	232	111,3	46,3	20,6	12,4	6,8	4,85
0,8	—	—	—	625	423,5	265	12,7	53	23,5	14,16	7,77	5,54
0,9	—	—	—	703	476,5	298	143	59,6	26,5	15,92	8,74	6,23
1	—	—	—	—	530	331	159	66,2	29,4	17,7	9,71	6,92
1,1	—	—	—	—	582	364,5	175	73	32,4	19,46	10,69	7,62
1,2	—	—	—	—	—	397,5	191	79,5	35,3	21,23	11,65	8,31

Cu ajutorul tabelei 1 se calculează valorile lui β care sunt reprezentate de curbele din fig. 6

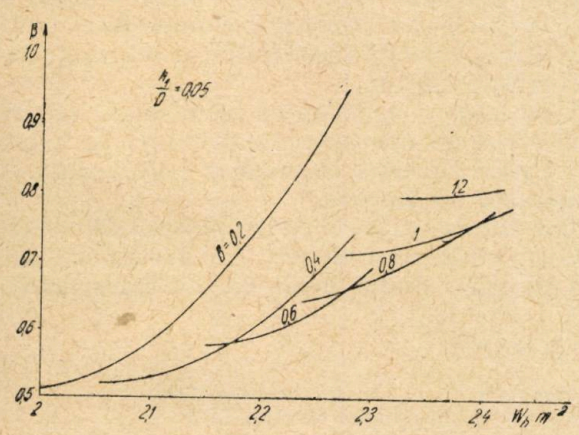


Fig. 6a. Variația lui β în raport cu B_d pentru diferite valori ale lui B și $\frac{h_1}{D} = 0{,}05$.

a, *b* și *c*. Aci trebue să ținem cont și de faptul că β depinde de $\frac{h_1}{D}$, în care scop s'au considerat cele trei valori pentru $\frac{h_1}{D}$: 0,05 ; 0,01 și 0,001.

Din expresia lui β se vede că valorile lui devin infinite pentru o valoare minimă a lui B_d la un B dat, scad foarte repede la o valoare minimă, dela care, cu creșterea lui B_d cresc din nou, încet. Este de observat că valoarea minimă a lui β corespunde cazului când baza crestăturii este zero, deci când crestătura are forma unui unghiu. Aceasta înseamnă că toate valorile lui β scăzătoare cu creșterea lui B_d sunt ireale, rămânând ca valori reale numai cele crescătoare cu creșterea lui B_d. Aceasta înseamnă că pentru întregul domeniu practic al solicitării magnetice a dinților

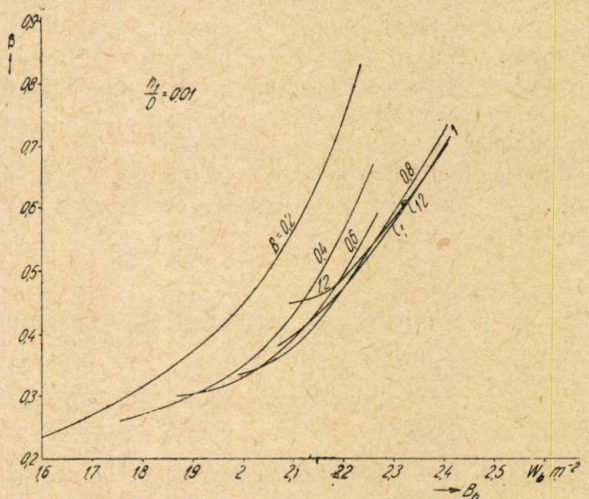


Fig. 6b. Variația lui β pentru $\frac{h_1}{D} = 0{,}01$.

şi întrefierului, β are valori subunitare în consecinţă :

$$0 < \beta < 1$$

şi anume toate se grupează în jurul valorii $\beta=0{,}6$. Trecând cu această valoare în fig. 3 şi ţinând cont că în general $\eta > 3/4$, deducem că *solicitarea cuprului activ al indusului este mult mai favorabilă la maşina fără crestături.* Insă puterea care se obţine din maşină este de ξ ori mai mare, unde pentru acest domeniu avem $\xi > 0$. Acest fapt face ca solicitarea întregii maşini să fie cu atât mai favorabilă pentru maşina cu crestături faţă de cea fără crestături, cu cât K este mai mare. Rezultă din fig. 4 că, în mod practic considerând întreaga maşină, *comportarea unei maşini unipolare cu crestături duce atât la o putere mai mare la dimensiuni date, cât şi la o solicitare mai economică a întregului material al maşinii,* în raport cu o maşină unipolară fără crestături. Singurul argument care pledează pentru maşina unipolară cu indus neted constă în faptul că greutăţile constructive sunt mai mici şi reacţia de indus perturbă mai puţin comportarea maşinii. Deci se impune utilizarea maşinii cu indus dinţat. Este adevărat că am neglijat influenţa factorului de întrefier k_c însă aceasta, cu precauţiunile văzute, reduce relativ puţin avantajele maşinii cu indus dinţat faţă de cea cu indus neted.

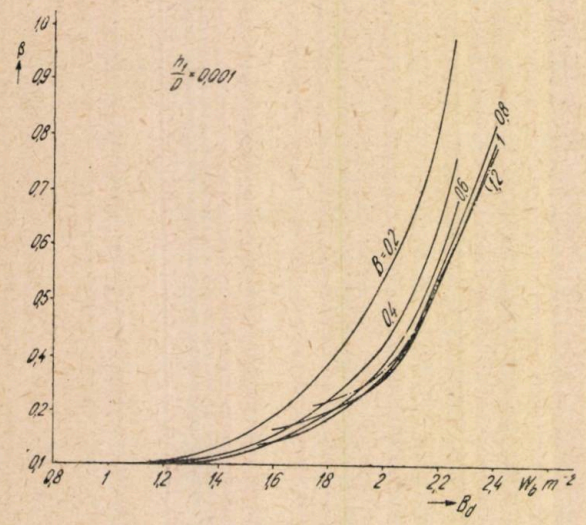


Fig. 6c. Variaţia lui β pentru $\frac{h_1}{D} = 0{,}001$.

De asemenea din tabela 2 şi din fig. 5, ţinând seama de fig. 6, se pot deduce valorile mai favorabile ale solicitărilor magnetice, deoarece γ ia obişnuit valori între 1,5 şi 3, iar α între 5 şi 50, de unde rezultă faptul că se recomandă o solicitare mare a dinţilor, la valori ale inducţiei din intrefier în jurul a $0{,}8 \div 0{,}9$ W_b m^{-2}.

In consideraţiile de mai sus nu a intervenit numărul de crestături μ_c, deşi s'a ţinut cont de el ; aceasta înseamnă că dacă se neglijează influenţa factorului de intrefier k_c, numărul de crestături nu are influenţă asupra comportării maşinii, cum se poate observa uşor şi pe altă cale : prin reducerea numărului de crestături la jumătate dimensiunile lineare dealungul periferiei indusului cresc de două ori, cele radiale nemodificându-se şi prin urmare volumul de cupru activ este acelaşi. In realitate, numărul de crestături influenţează prin intermediul factorului k_c, ceeace impune utilizarea unui astfel de pas de crestătură, încât cu bandajul de oţel tras, neuniformitatea repartiţiei inducţiei dealungul periferiei indusului să fie cât mai redusă. Din acest punct de vedere rezultă că un pas mic de crestătură este mai favorabil.

Rezumând, deducem :

1. Din punct de vedere al solicitării materialului activ electric din indus, este mai economică maşina unipolară cu indus neted.
2. *Din punct de vedere al solicitării întregii maşini este mai favorabilă maşina unipolară cu indus dinţat, şi acesta este punctul de vedere de care trebue să se ţină seama.*
3. Puterea care se poate obţine dintr'o maşină de dimensiuni lineare date şi practic de greutate constantă, este mai mare la maşina cu indus dinţat.
4. Maşina unipolară cu indus neted se construeşte mai uşor decât cea cu indus dinţat.
5. Pentru pasul crestăturii cuprins între anumite limite, numărul crestăturilor nu influenţează comportarea maşinii.
6. Cu maşina unipolară cu indus dinţat se pot obţine tensiuni mai mari decât la cea cu indus neted, prin montarea mai multor colivii pe indus şi aşezarea lor în serie.

Prin urmare deducem că din punctul de vedere al funcţionării maşinei, este mai favorabilă maşina cu indus dinţat decât cea cu indus neted.

Bibliografie

(1) *Piatrovski M. L.*, Maşini electrice, 1949.
(2) *Costenco P. M.*, Maşini electrice, 1949.

★

ВЛИЯНИЕ ПАЗОВ НА РАБОТУ ОДНОПОЛЮСНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Р е з ю м е

Настоящая работа занимается вопросом влияния, которое оказывает то электрический якорь зубчатый (с пазами) на работу однополюсной электрической машины в сравнении с работой электрической машины с гладким якорем.

Из наблюдений над главными, факторами которые определяют работу машины, уетановлено, что, в общем, однополюсная машина с зубчатым якорем более подходящая чем машина с гладким якорем, причем последняя характеризуется относительно более легкими возможностями изготовления.—

★

DESPRE O METODĂ DE FRÂNARE ELECTRICA LA MACARALE

Ing. MIHAI BRAŞOVAN

Pe baza schemei dată în literatură, se studiază metoda de frânare la mişcarea de translaţie a căruciorului macaralelor de mare productivitate în aşa fel, încât curentul de excitaţie al generatorului de frânare să crească lent spre valoarea nominală. Curentul de excitaţie determină felul de variaţie, atât a vitezei şi a f.e.m. induse a generatorului, cât şi a cuplului de frânare produs de generator. Pe de altă parte, variaţia curentului de excitaţie depinde în mare măsură de momentul de giraţie al volanui aplicat pe arborele motorului, conectat în paralel cu circuitul de excitaţie al generatorului. Printr'un exemplu numeric se scoate în evidenţă felul de variaţie a mărimilor fundamentale ca: curentul de excitaţie, f.e.m. indusă şi cuplul produs de generator, precum şi viteza motorului şi curentul din circuitul rotoric al motorului, cu scopul determinării acestor maşini.

Unul dintre mijloacele măririi productivităţii macaralelor mari este alegerea vitezelor urcate de deplasare ale căruciorului sau însăşi ale macaralei. Pe de altă parte, reducerea vitezelor de translaţie mari la sfârşitul curselor trebue să aibă loc în aşa fel, încât alunecarea căruciorului să fie evitată.

In acest scop cuplul de frânare trebue să crească lent până la aceea valoare, care să nu întreacă limita impusă de aderenţă. O astfel de frânare se poate realiza cu ajutorul montajului din fig. 1.

Efectul de frânare este produs de un generator de curent continuu G, antrenat printr'un sistem

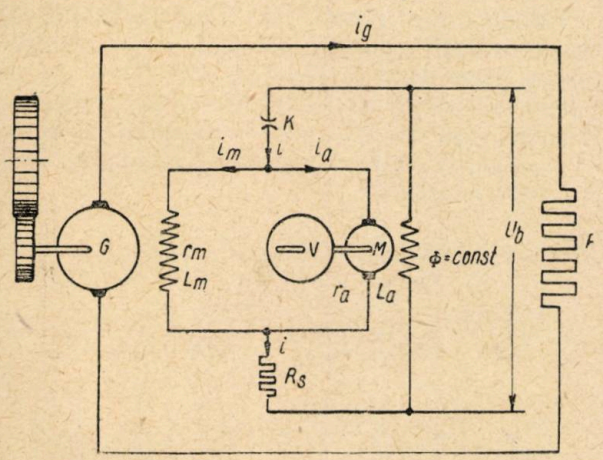


Fig. 1. Schema sistemului de frânare.

de transmisie de către massele în mişcare şi care se încarcă prin rezistenţa R. Excitaţia generatorului cu rezistenţa r_m şi inductanţa L_m se alimentează dela o sursă separată de curent continuu, cu tensiunea U_b. Circuitul de excitaţie se conectează la sursă prin contactorul K.

Pentru asigurarea creşterii lente a curentului de excitaţie se montează în paralel cu circuitul de excitaţie un mic motor M, cu excitaţia alimentată separat. Volumul V, montat la arborele motorului, măreşte timpul de pornire al acestuia. Circuitul rotoric al motorului are rezistenţa electrică r_a şi inductanţa L_a.

Prin dimensionarea convenabilă a volanului se poate obţine pornirea înceată a motorului şi creşterea lentă a f.e.m. induse în motor. Astfel curentul va fi mare la început în motor şi redus în excitaţia generatorului. Pe măsură ce creşte turaţia motorului se micşorează curentul într'însul şi se măreşte în excitaţia generatorului.

Ca urmare, prin alegerea justă a volanului se obţine variaţia dorită pentru curentul de excitaţie al generatorului, care la rândul său determină variaţia cuplului de frânare.

Dat fiind, că variaţia cuplului de frânare depinde de curentul de excitaţie i_m se va cerceta în primul rând circuitul de excitaţie.

La IPROM, Grupul Timişoara, s'a pus problema cercetării în deaproape a acestui montaj, dat în literatură fără studiul său, pentru a fi aplicat într'un caz concret.

I. Se arată cum trebue să varieze curentul de excitaţie al generatorului în funcţie de timp, în aşa fel încât frânarea produsă de generator să corespundă unei cât mai bune funcţionări a căruciorului.

In cele ce urmează se va arăta că, conectarea în paralel a unui motor cu circuitul de excitaţie al generatorului, ne conduce la acea variaţie a curentului de excitaţie al generatorului, care corespunde celei mai potrivite frânări.

Ţinând seamă, că circuitul de excitaţie al motorului produce un flux $\Phi = \text{const}$, forţa electromotoare indusă în rotor poate fi scrisă sub forma :

$$E = K.n \text{ în volţi} \qquad (1)$$

în care :

$$K = \frac{p}{60}\,\frac{z}{a}\,\frac{1}{1+\sigma}\,\Phi\cdot 10^{-8} \qquad (1')$$

iar : n — viteza motorului în rot/min ;
p — numărul perechilor de poli ;
z — numărul total de conductori pe rotor ;
a — numărul perechilor de circuite în paralel pe motor ;
σ — coeficientul de dispersie ;
Φ — fluxul produs de excitaţie, măsurat în maxwelli.

Deasemenea cuplul desvoltat de motor apare în forma :

$$M = C\cdot\Phi\cdot i_a = C\cdot i_a\, hgm \qquad (2)$$

în care :

$$C = \frac{p\cdot z\cdot\Phi}{2\pi\cdot 9{,}81\cdot a(1+\sigma)}\cdot 10^{-8}$$

Intre K şi C avem legătura :

$$C = 0{,}975\ K$$

i_a în amperi reprezintă curentul total luat de rotor.

Presupunând că inductanţa L_a a indusului motorului auxiliar şi L_m a inductorului generatorului frână sunt constante, deci că punctele de funcţionare ale maşinilor se găsesc tot timpul pe porţiunile drepte ale caracteristicilor în gol şi ţinând seama de notaţiile din fig. 1, se pot scrie următoarele relaţii :

$$U_b = i_m(r_m + R_s) + i_a R_s + L_m \frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t} \qquad (3)$$

$$i_m r_m + L_m \frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t} = i_a r_a + L_a \frac{\mathrm{d}i_a}{\mathrm{d}t} + Kn \qquad (4)$$

Pe de altă parte, dacă GD^2 reprezintă momentul de giraţie al volanului V şi al rotorului depe arborele motorului, atunci cuplul desvoltat de acesta va fi :

$$M = Ci_a = \frac{GD^2}{375} \frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t} \qquad (5)$$

Rezolvând sistemul de ecuaţii (3), (4) şi (5) în raport cu i_m, i_a şi n, se obţine :

$$\frac{L_a L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} \frac{\mathrm{d}^3 i_m}{\mathrm{d}t^3} + \frac{\mathrm{d}^2 i_m}{\mathrm{d}t^2} +$$

$$\left[\frac{r_a(r_m + R_s) + r_m R_s}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)}\right]$$

$$\frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{(r_m + R_s)}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} i_m - \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2}$$

$$\frac{U_b}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} = 0 \qquad (6)$$

$$\frac{L_a L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} \frac{\mathrm{d}^3 i_a}{\mathrm{d}t^3} + \frac{\mathrm{d}^2 i_a}{\mathrm{d}t^2} +$$

$$\left[\frac{r_m(r_a + R_s) + (r_a + R_s)}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)}\right]$$

$$\frac{\mathrm{d}i_a}{\mathrm{d}t} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m + R_s}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_t)} i_a = 0 \qquad (7)$$

$$\frac{L_a L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} \frac{\mathrm{d}^3 n}{\mathrm{d}t^3} + \frac{\mathrm{d}^2 n}{\mathrm{d}t^2} +$$

$$\left[\frac{(r_a(r_m + R_s) + (r_m R_s)}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)}\right]$$

$$\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m + R_s}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)}$$

$$n - \frac{C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} U_1 = 0. \qquad (8)$$

Se ştie că raportul dintre inductanţa L şi rezistenţa r a unui circuit reprezintă constanta de timp T a acelui circuit. Ea este o mărime caracteristică pentru fiecare circuit şi poate fi considerată ca o măsură a duratei de timp, în care curentul tranzitoriu ajunge la valoarea staţionară în cazul conectării circuitului la o sursă cu tensiune de borne constantă. In general se admite, că durata fenomenului tranzitoriu se exprimă practic prin (3—4) T.

După D. P. Morozov : „Bazele acţionării electrice", Moscova, 1948, valoarea constantei de timp a circuitului de excitaţie dela maşinile de curent continuu se poate lua după cum urmează :

Pentru generatori cu putere între :

1... 5 kW . . . . . T_m=0,1...0,5 sec
100...1000 kW . . . . . T_m=1 ...2 sec
1000...3000 kW . . . . . T_m=2 ...3,5 sec

Circuitele de excitaţie ale maşinilor de curent continuu au o inductivitate mult mai mare decât circuitele rotorice.

In cazul problemei de faţă, puterea generatorului de frânare este zeci sau chiar sute de kW, în timp ce puterea motorului cu volan reprezintă câţiva kW. Ca urmare rezultă, că L_m este foarte mare faţă de L_a şi astfel în ecuaţiile (6), (7) şi (8) produsul $L_a(r_m + R_s)$ se poate neglija faţă de $L_m(r_a + R_s)$, fiindcă $(r_m + R_s)$ nu e prea mult diferit de $(r_a + R_s)$.

Ţinând seama de cele de mai sus, coeficientul termenului de ordinul trei din ecuaţiile (6), (7) şi (8) se poate scrie :

$$\frac{L_a L_m}{L_m(r_a + R_s) + L_a(r_m + R_s)} \cong \frac{L_a L_m}{L_m(r_a + R_s)} = \frac{L_a}{r_a + R_s} \qquad (9)$$

Valoarea acestui coeficient fiind foarte mic faţă de coeficienţii celorlalţi termeni, nu se comite o eroare mare dacă în ecuaţiile (6), (7) şi (8) termenul de ordinul trei se neglijează faţă de ceilalţi termeni. Aşa dar, ţinându-se seama şi de faptul, că $L_a(r_m + R_s)$ este neglijabil faţă de $L_m(r_a + R_s)$, se obţin ecuaţiile :

$$\frac{\mathrm{d}^2 i_m}{\mathrm{d}t^2} + \left[\frac{r_a(r_m + R_s) + r_m R_s}{L_m(r_a + R_s)} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{1}{r_a + R_s}\right] \frac{\mathrm{d}i_m}{\mathrm{d}t} +$$

$$+ \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m + R_s}{L_m(r_a + R_s)} i_m - \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{U_b}{L_m(r_a + R_s)} = 0 \qquad (10)$$

$$\frac{\mathrm{d}^2 i_a}{\mathrm{d}t^2} + \left[\frac{r_m(r_a + R_s) + r_a R_s}{L_m(r_a + R_s)} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{1}{r_a + R_s}\right]$$

$$\frac{\mathrm{d}i_a}{\mathrm{d}t} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m + R_s}{L_m(r_a + R_s)} i_a + 0 \qquad (11)$$

$$\frac{\mathrm{d}^2 n}{\mathrm{d}t^2} + \left[\frac{r_a(r_m + R) + r_m R_s}{L_m(r_a + R_s)} + \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{1}{r_a + R_s}\right] \frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t} +$$

$$+ \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m + R_s}{L_m(r_a + R_s)} n - \frac{r_m}{L_m(r_a + R_s)} U_b = 0 \qquad (12)$$

Ecuaţiile (10), (11) şi (12) se pot obţine şi direct din ecuaţiile (3), (4) şi (5), dacă se ţine seama, că în (4) termenul $L_a \frac{\mathrm{d}i_a}{\mathrm{d}t}$ poate fi neglijat faţă de i_a, r_a şi Kn.

Se poate uşor vedea, că primii termeni din parantezele ecuaţiilor (10), (11) şi (12) sunt identici, adică :

$$\frac{r_m(r_a + R_s) + r_a R_s}{L_m(r_a + R_s)} = \frac{r_a(r_m + R_s) + r_a R_s}{L_m(r_a + R_s)} \qquad (13)$$

Introducându-se constanta de timp: $T_m = \frac{L_m}{r_m}$ şi notându-se prin α, β şi γ următoarele mărimi:

$$\frac{r_m(r_a+R_s)+r_a R_s}{T_m r_m (r_a+R_s)} + \frac{K\cdot C\cdot 375}{GD^2(r_a+R_s)} = \alpha \qquad (14)$$

$$\frac{K\cdot C\cdot 375}{GD^2}\,\frac{(r_a+R_s)}{T_m r_m (r_a+R_s)} = \beta \qquad (15)$$

$$\frac{K\cdot C\cdot 375}{GD^2}\,\frac{U_b}{T_m r_m (r_a+R_s)} = \gamma \qquad (16)$$

ecuaţiile (10), (11) şi (12) apar sub forma:

$$\frac{d^2 i_m}{dt^2} + \alpha\frac{di_m}{dt} + \beta i_m - \gamma = 0 \qquad (17)$$

$$\frac{d^2 i_a}{dt^2} + \alpha\frac{di_a}{dt^2} + \beta i_a = 0 \qquad (18)$$

$$\frac{d^2 n}{dt^2} + \alpha\frac{dn}{dt} + \beta n - \frac{r_m}{K}\gamma = 0. \qquad (19)$$

Prin rezolvarea ecuaţiilor de mai sus se obţine:

$$i_m = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + \frac{\gamma}{\beta} \qquad (20)$$

$$i_a = C_3 e^{\lambda_1 t} + C_4 e^{\lambda_2 t} \qquad (21)$$

$$n = C_5 e^{\lambda_1 t} + C_6 e^{\lambda_2 t} + \frac{r_m\gamma}{K\beta} \qquad (22)$$

în care:

$$\lambda_1 = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} \qquad (23)$$

$$\lambda_2 = \frac{-\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} \qquad (24)$$

Pentru evitarea oscilaţiunilor este necesar să e îndeplinească condiţia:

$$\alpha^2 - 4\beta > 0 \qquad (25)$$

adică:

$$\left[\frac{r_m(r_a+R_s)+r_a R_s}{T_m r_m (r_a+R_s)} + \frac{K.C.375}{GD^2(r_a+R_s)}\right]^2 > 4\,\frac{K.C.375}{GD^2(r_a+R_s)}\,\frac{(r_m+R_s)}{T_m r_m} \qquad (26)$$

Această condiţie se poate realiza în cazul unui generator şi motor dat, când: r_m, L_m, r_a, R_s, K şi C le considerăm cunoscute prin alegerea convenabilă a momentului de giraţie GD^2 al volanului.

Momentul de giraţie GD^2 al volanului, care apare în (26) ne arată, că prin variaţia lui trebue să apară şi o variaţie a lui i_m, i_a şi n.

Se trece la determinarea constantelor de integrare C_1, $C_2 \ldots C_6$ din ecuaţiile (20), (21) şi (22).

In acest scop se ţine seama de următoarele condiţii la limită:

a) Pentru curentul de excitaţie i_m:

La $t = 0$ avem $i_m = 0$, deci:

$$0 = C_1 + C_2 + \frac{\gamma}{\beta} \qquad (27)$$

Pe de altă parte, la începutul conectării circuitelor avem încă: $i_a = 0$, astfel că din ecuaţia (3) rezultă:

$$U_b = L_m\frac{di_m}{dt} \qquad (28)$$

Ţinând seama de (20) şi (28) se obţine la $t = 0$

$$\frac{U_b}{r_m T_m} = \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 \qquad (29)$$

Rezolvând (27) şi (29) în raport cu C_1 şi C_2 şi înlocuindu-le în (20) rezultă:

$$i_m = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left[\left(-\frac{U_b}{r_m T_m} - \lambda_2\frac{\gamma}{\beta}\right)e^{\lambda_1 t} + \left(\frac{U_b}{r_m T_m} + \lambda_1\frac{\gamma}{\beta}\right)e^{\lambda_2 t}\right] + \frac{\gamma}{\beta} \qquad (30)$$

Pe de altă parte din (15) şi (16) se obţine încă:

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{U_b}{r_m + R_s} \qquad (31)$$

Ca urmare:

$$i_m = \frac{U_b}{\sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}\left[\left(\frac{1}{r_m T_m} + \frac{\lambda_2}{r_m R_s}\right)e^{\lambda_1 t} - \left(\frac{2}{r_m T_m} + \frac{\lambda_1}{r_m + R_s}\right)e^{\lambda_2 t}\right] + \frac{U_b}{r_m + R_s} \qquad (32)$$

b) La determinare constantelor C_3, C_4, C_5 şi C_6 se ţine seama de ecuaţia de legătură (5) dintre i_a şi n, astfel încât e suficient să se determine C_5 şi C_6 pentru ca să obţinem pe C_3 şi C_4.

In acest scop se constată că pentru:

$$t = 0 \quad \text{avem} \quad n = 0 \quad \text{şi} \quad i_a = 0$$

astfel că din (22) se obţine:

$$0 = C_5 + C_6 + \frac{r_m\gamma}{K\beta} \qquad (33)$$

adică:

$$C_5 = -C_6 - \frac{r_m\gamma}{K\beta} \qquad (34)$$

Pe de altă parte din (5) şi (18) se obţine încă:

$$i_a = \frac{GD^2}{C.375}\frac{dn}{dt} = \frac{GD^2}{C\ 375}\left(C_5\lambda_1 e^{\lambda_1 t} + C_6\lambda_2 e^{\lambda_2 t}\right) \qquad (35)$$

Inlocuind C_5 din (34) în (35) rezultă:

$$i_a = \frac{GD^2}{C\ 375}\left(C_6\lambda_2 e^{\lambda_2 t} - C_6\lambda_1 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1\frac{r_m\gamma}{K\beta}e^{\lambda_1 t}\right) \qquad (36)$$

Cum, la $t = 0$ avem: $i_a = 0$ se obţine din (36):

$$0 = C_6(\lambda_2 - \lambda_1) - \lambda_1\frac{r_m\gamma}{K\beta}$$

sau:

$$C_6 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\frac{r_m\gamma}{K\beta} \qquad (37)$$

şi:

$$C_5 = -\frac{r_m\gamma}{K\beta}\,\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \qquad (38)$$

Inlocuind valorile lui C_5 şi C_6 în (35) şi (22) rezultă după anumite simplificări :

$$i_a = \frac{U_b}{T_m (r_a + R_s) \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}} (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) \quad (39)$$

$$n = \frac{r_m U_b}{K(r_m + R_s)\sqrt{\alpha^2 - 4\beta}} (\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t}) + \frac{r_m U_b}{K(r_m + R_s)} \quad (40)$$

In ce priveşte constantele C_3 şi C_4 se relevă, că pentru $t = 0$, în (21) avem $i_a = 0$, astfel că $C_3 = - C_4$.

Ca urmare (21) se poate scrie sub forma :

$$i_a = C_3 (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) . \quad (41)$$

Comparând (41) cu (39) rezultă :

$$C_3 = \frac{U_b}{T_m (r_a + R_s) \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}} \quad (42)$$

Este interesant de remarcat faptul, că aceleaşi ecuaţii se obţin pentru i_a şi n dacă la determinarea constantelor de integrare C_3, C_4, C_5 şi C_6 se pune condiţia ca, curba vitezii să pornească la $t = 0$ în aşa fel, încât axa timpului să fie tangentă la ea, adică pentru $t = 0$ să avem $\frac{dn}{dt} = 0$. Aceasta înseamnează, că viteza motorului va creşte la început foarte încet şi apoi mai repede. Astfel curentul i_a al motorului va fi mare la început şi va descreşte prin mărirea forţei electromotoare induse în rotor, ceeace duce la creşterea curentului i_m în circuitul de excitaţie al generatorului.

II. După ce s'a arătat rolul ce-l joacă motorul conectat în paralel cu circuitnl de excitaţie al generatorului, se trece acum la determinarea puterii generatorului cât şi la dimensionarea rezistenţei de încărcare.

La determinarea variaţiei cuplului de frânare produs de generatorul G (fig. 1) se ţine seama, că puterea lui se poate exprima succesiv sub formele următoare :

$$P_g = U_g i_g \quad (43)$$

în care se poate pune :

$$E_g = k_g \Phi_m n_g \quad (44)$$

iar :

$$k_g = \frac{p_g}{60} \frac{z_g}{a_g} \frac{1}{1 + \sigma_g} 10^{-8} \quad (45)$$

Fluxul Φ_m se exprimă în forma :

$$\Phi_m = \frac{L_m i_m}{W_m} \quad (46)$$

Pe de altă parte avem :

$$i_g = \frac{U_g}{r + R}$$

adică tensiunea indusă E_g şi curentul i_g sunt proporţionali, astfel că atunci când E e maxim şi i_g devine maxim.

Mărimile introduse au următoarele semnificaţii :

U_g — tensiunea indusă în generator ;

i_g — curentul debitat de generator ;

Φ_m — fluxul produs de excitaţia generatorului ;

W_m — numărul de spire din excitaţia generatorului ;

r — rezistenţa circuitului rotoric al generatorului ;

R — rezistenţa de încărcare a generatorului ;

iar p_g, z_g, a_g şi σ_g au aceeaşi semnificaţie ca mărimile corespunzătoare din (1'). Se poate deci scrie :

$$P_g = \frac{U_g^2}{r + R} = \frac{k_g^2 L_m^2}{(r + R) W_m^2} i_m^2 n_g^2 \quad (48)$$

Această putere se transformă în căldură în rezistenţele r şi R şi trebue să fie egală cu variaţia energiei cinetice a masselor frânate, luată cu semn schimbat, adică :

$$- \eta_g \frac{k_g^2 L_m^2}{(r + R) W_m^2} i_m^2 n_g^2 = \frac{d}{dt} W_e^{\text{jouli}} \frac{d}{dt} \left(\frac{GD_g^2 n_g^2}{73 \cdot 10^2} 10^3 \right) = 2 \frac{GD_g^2}{730} n_g \frac{dn_g}{dt} \quad (49)$$

în care η_g reprezintă randamentul generatorului.

Din relaţia (49) rezultă :

$$\frac{dn_g^2}{dt} + \frac{365}{GD_g^2} \eta_g \frac{k_g^2 L_m^2}{(r + R) W_m^2} i_m^2 n_g = 0 \quad (50)$$

în care GD_g^2 reprezintă momentul de giraţie al masselor în mişcare raportat la arborele generatorului.

Se introduce constanta A sub forma :

$$A = \frac{365}{GD_g^2} \eta_g \frac{k_g^2 L_m^2}{(r + R) W_m^2} \quad (51)$$

în care L_m este constant, dacă se ia din caracteristica de magnetizare numai partea dreaptă.

Ca urmare se obţine :

$$\frac{dn_g}{dt} + A i_m^2 n_g = 0 \quad (52)$$

în care i_m este dat prin relaţia (32).

Soluţia ecuaţiei diferenţiale este de forma :

$$n_g = C e^{-\int A i_m^2 dt} \quad (53)$$

şi ne arată, că viteza generatorului depinde de curentul de excitaţie i_m.

Este interesant de relevat că ţinându-se seama de condiţiile la limită necesare la determinarea constantei de integrare C, rezultă în acelaşi timp şi o condiţie pentru determinarea constantei A.

In adevăr, având în vedere că la $t = 0$ trebue să avem :

$$n_g = n_{g0} = C e^{\left(-\int A i_m^2 dt\right)_{t=0} + C_n} \quad (54)$$

iar la $t = t_1$:

$$n_g = n_{g_1} = C e^{\left(-\int A i_m^2 dt\right)_{t=t_1} + C_n} \quad (55)$$

se obţine :

$$\frac{n_{g0}}{n_{g1}} = \frac{e^{\left(-\int A i_m^2 dt\right)_{t=0} + C_n}}{e^{\left(-\int A i_m^2 dt\right)_{t=t_1} + C_n}} = e^{\left(-\int A i_m^2 dt\right)_{t=0} + \left(\int A i_m^2 dt\right)_{t=t_1}} \quad (56)$$

Rezultă de aci constanta A în forma :

$$A = \frac{ln \frac{n_{g0}}{n_{g1}}}{\int_0^{t_1} i_m^2 \, dt} \tag{57}$$

Din ultima relaţie se poate trage următoarea concluzie : Pentru a putea frâna massele în mişcare dela turaţia n_{g0} la n_{g1} în timpul t_1 şi la un curent de excitaţie i_m cu o anumită variaţie, este necesar să existe pe de o parte între constantele generatorului k_g, L_m, r, W_m şi pe de altă parte între momentul de giraţie GD_g^2 al maselor în mişcare şi rezistenţa exterioară de încărcare R, o legătură bine definită, exprimată prin (57).

Pentru constanta de integrare C rezultă din (5) (4) :

$$ln\ C = ln\ n_{g0} + A \left(\int i_m^2 \, dt \right)_{t=0} + C_n = ln\ n_{g0} + \frac{ln \frac{n_{g0}}{n_{g1}}}{\int_0^{t_1} i_m^2 \, dt} \left(\int i_m^2 \, dt \right)_{t=0} + C_n \tag{58}$$

Punând

$$C_0 = \frac{\left(\int i_m^2 \, dt \right)_{t=0} + C_n}{\int_0^{t_1} i_m^2 \, dt} \tag{59}$$

se găseşte :

$$C = n_{g0} \left(\frac{n_{g0}}{n_{g1}} \right)^{C_0} \tag{60}$$

Trebue reţinut, că valoarea constantei de integrare C_n, ce apare în exponentul expresiilor (54) şi (55) din cauza că integrala e nedefinită, se poate lua arbitrar, spre ex. $C_n = 0$.

In orice caz între C şi C_n din (54) rezultă legătura

$$n_{g0} = C e^{\left(-1 \int A i_m^2 dt \right)_{t=0} + C_n} \tag{61}$$

astfel, încât pentru fiecare valoare a lui C_1 va corespunde o valoare bine determinată a lui C. Dacă C_n se ia în aşa fel, în cât :

$$\left(- \int A i_m^2 dt \right)_{t=0} + C_n = 0 \tag{62}$$

atunci rezultă :

$$C = n_{g0} \tag{63}$$

Cunoscând C_0, A şi variaţia curentului i_m, se poate trasa curba vitezii generatorului n_g conform relaţiei (53).

Deasemenea rezultă şi variaţia tensiunii induse U_g în generator, în baza relaţiei (44), care se poate transforma astfel :

$$E_g = k_g \Phi_m n_g = k_g \frac{L_m}{W_m} i_m n_g = C_u i_m n_g \tag{64}$$

în care s'a pus :

$$C_u = k_g \frac{L_m}{W_m} \tag{65}$$

In sfârşit, pentru variaţia cuplului de frânare se obţine :

$$M^{jouli} = \frac{P_g}{\omega_g} = \frac{1}{\omega_g} 2 \frac{GD_g^2}{730} n_g \frac{dn_g}{dt} = \frac{1}{\omega_g} \frac{GD_g^2}{365} \frac{30\, \omega_g}{\pi} \frac{dn_g}{dt} \tag{66}$$

Punând :

$$C_M' = \frac{GD_g^2}{365} \frac{30}{\pi} \tag{67}$$

se găseşte :

$$M = C_M' \frac{dn_g}{dt} \tag{68}$$

Derivând (53) în raport cu timpul şi înlocuirea în (68) rezultă :

$$M = C_M' C \left(- A i_m^2 \right) e^{-\int A i_m^2 dt} = - C_M i_m^2 e^{-\int A i_m^2 dt} \text{ jouli} \tag{69}$$

în care s'a pus :

$$C_M = C_M' C A \tag{70}$$

Prin ecuaţiile (64) şi (69) se evidenţiază, că atât tensiunea indusă U_g, cât şi cuplul de frânare M produs de generator, depinde de forma curbei curentului de excitaţie i_m.

Valoarea maximă a cuplului de frânare nu trebue să întreacă limita impusă de aderenţă, iar generatorul trebue astfel dimensionat, încât să poată realiza efectul de frânare dorit.

Corespunzător cuplului maximal M_{max} rezultă o anumită valoare a vitezii, pe care o notăm cu n_g'. Cu ajutorul lor se determină puterea maximă a generatorului :

$$P_{g\,max} = \frac{M_{max}\, n_g'}{975} \text{ în kW} \tag{71}$$

în care M_{max} se măsoară în kgm, iar n_g' în ture/minut.

Ţinând seama că generatorul lucrează intermitent, cu un factor de intermitenţă p, rezultă că puterea lui se obţine în baza relaţiei :

$$P_g = P_{g\,max} \sqrt{p} \tag{72}$$

Generatorul cu putere astfel obţinută trebue să fie în măsură să desvolte cuplul maximal cerut. Pe de altă parte, energia cinetică, care în timpul frânării se transformă în căldură, se exprimă prin :

$$W_c = \frac{GD_g^2 \left(n_{g0}^2 - n_{g1}^2 \right)}{73 \cdot 10^2} \text{ kWs} \tag{73}$$

Cunoscându-se durata frânării t_1 sec, rezultă puterea mijlocie :

$$P_{gm} = \frac{W_c}{t_1}\eta_g \text{ kW} \qquad (74)$$

Puterea medie se poate stabili şi cu ajutorul valorii medii M_m determinată din curba cuplului pentru intervalul de timp t_1. Ţinând seama, că la cuplul mediu apare o viteză medie n_{gm}, se obţine :

$$P_{gm} = \frac{M_m n_{gm}}{975} \text{ kW} \qquad (75)$$

Pentru dimensionarea rezistenţei exterioare R de încărcare se foloseşte puterea maximă obţinută prin (71), scrisă sub forma :

$$P_{g\max} = \frac{U^2_{g\max}}{R+r} \text{ W} \qquad (76)$$

U_{bg} fiind tensiunea cunoscută la bornele generatorului, avem :

$$E = U_{bg} + i_g r \qquad (77)$$

Valoarea lui $i_g r$ se poate lua în raport cu puterea generatorului, astfel încât $U_{g\max}$ fiind cunoscut, se obţine din (76) :

$$r + R = \frac{U^2_{g\max}}{P_{g\max}} \ \Omega \qquad (78)$$

şi cum r este cunoscut se deduce valoarea lui R.

La alegerea dimensiunilor rezistenţei R deasemenea se ţine seama de faptul, că generatorul G lucrează cu intermitenţă.

Este necesar de relevat, că în cazul când inductanţa L_m a circuitului de excitaţie a generatorului nu e constantă, atunci trebue să se cunoască caracteristica de magnetizare a generatorului : $\Phi_m = f_1(i_m)$. Cu ajutorul acestuia şi a curbei $i_m = f_2(t)$ se poate trasa $\Phi_m = f_3(t)$. Pe de altă parte, în acest caz ecuaţiile (53), (64) şi (69) apar sub forma :

$$n_g = C' e^{-\int A'\Phi^2_m dt} \qquad (53')$$

$$E_g = C'_u \Phi_m e^{-\int A'\Phi^2_m dt} \qquad (64')$$

$$M = -C''_M \Phi^2_m e^{-\int A'\Phi^2_m dt} \qquad (69')$$

în care :

$$A' = \frac{365}{GD^2_g}\eta_g \frac{k^2_g}{(r+R)\,W^2_m} = \frac{ln\frac{n_{g_0}}{n_{g_1}}}{\int_0^{t_1}\Phi^2_m dt} \qquad (51')$$

Ele se rezolvă grafic folosindu-se curba $\Phi^2_m = f_4(t)$. Pentru calculul generatorului trebue să se cunoască încă şi constantele k_g, w_m, r şi GD^2_g, precum şi vitezele limite n_{g0} şi n_{g1} ale generatorului.

In cele ce urmează se consideră următorul *exemplu numeric* :

Viteza căruciorului unei macarale portale trebue redusă în circa 4 s dela valoarea $V_0 = 180$ m/min la $V_1 = 90$ m/min.

Vitezele corespunzătoare ale generatorului de frânare sunt : $n_{g0} = 1000$ wt/min resp. $n_{g1} = 500$ rot/min.

Momentul de giraţie total raportat la arborele generatorului este : $GD^2_g = 250$ kgm².

In cele ce urmează se vor determina :

1. Curentul prin excitaţia generatorului.
2. Curentul prin motorul conectat în paralel cu excitaţia generatorului.
3. Viteza motorului.
4. Viteza generatorului.
5. F.c.m. indusă în generator.
6. Cuplul de frânare produs de generator.
7. Puterea maximă a generatorului.
8. Rezistenţa de încărcare a generatorului.

1. Din datele de mai sus rezultă, cu ajutorul relaţiei (73), energia cinetică ce trebue transformată în căldură, în timpul frânării şi anume :

$$W_c = \frac{GD^2_g(n^2_{g_0} - n^2_{g1})}{73\cdot 10^4} = \frac{250\,(1000^2 - 500^2)}{73.10^4} = 256 \text{ kWs}$$

Pentru transformarea acestei energii în căldură în timpul frânării îi corespunde generatorului o putere mijlocie :

$$P_{gm} = \frac{W_c}{t_1}\eta_g = \frac{256}{4}\,0{,}9 = 58{,}5 \text{ kW}.$$

In baza acestei puteri mijlocii se admite pentru generatorul de frânare următoarele caracteristici :

$$T_m = 1$$
$$i_{m\max} = 10 \text{ A}$$
$$U_b = 220 \text{ V}.$$

Motorul M din fig. 1 se alege aşa fel încât să aibă o rezistenţă rotorică r_a nu prea mare, iar curentul rotoric nominal i_a să nu fie mai mic decât curentul $i_{m\max}$ din circuitul ee excitaţie al generatorului. In cazul de faţă se admite spre exemplu

$$P = 4 \text{ kW}$$
$$n = 1500 \text{ t/min}$$
$$\eta = 0{,}85$$
$$i_a r_a = 0{,}1\ U_b.$$

Ca urmare rezultă :

$$i_a = \frac{P}{U_b \eta} = \frac{4000}{220\cdot 0{,}85} = 21{,}4 \text{ A}$$

$$r_a = 0{,}1\frac{U_b}{i_a} = 0{,}1\frac{220}{1{,}4} \cong 1\ \Omega$$

Admiţând că pornirea motorului se face la curentul $2\ i_a$, rezultă în prima aproximaţie :

$$R_s + r_a = \frac{U_b}{2i_a} = \frac{220}{42{,}8} = 5{,}15\ \Omega$$

Deci :

$$R_s = 5{,}15 - 1 = 4{,}15\ \Omega$$

Constantele motorului sunt :

$$K = \frac{U_b - i_a r_a}{n} = \frac{220 - 22}{1500} = 0{,}132$$

$$C = 0{,}975K = 0{,}975\cdot 0{,}132 = 0{,}128$$

Se mai obţine :

$$R_s + r_m = \frac{U_b}{i_{m\max}} = \frac{220}{10} = 22\ \Omega$$

$$r_m = 22 - 4{,}15 = 17{,}85\ \Omega.$$

Dacă se admite încă momentul de giraţie al volanului V şi al rotorului pentru motorul M,

adică : $GD^2 = 4$ kgm^2 se pot calcula constantele ce apar în ecuaţiile (32), (39) şi (40) :

$$\alpha = \frac{r_m (r_a + R_s) + r_a R_s}{T_m r_m (r_a + R_s)} + \frac{K\ C\ 375}{GD^2 (r_a + R_s)} =$$

$$= \frac{17{,}85 \cdot 5{,}15 + 4{,}15}{17{,}85 \cdot 5{,}15} + \frac{0{,}132\ \ 0{,}128\ 375}{4\ \ 5{,}15} = 1{,}353$$

$$\beta = \frac{K \cdot C \cdot 375}{GD^2} \frac{r_m + R_s}{T_m r_m (r_a + R_s)} = \frac{0{,}132 \cdot 0{,}128\ 375}{4}$$

$$\frac{22}{5{,}15 \cdot 17{,}85} = 0{,}394$$

$$\gamma = \frac{K\ C \cdot 375}{GD^2} \frac{U_b}{T_m r_m (r_a + R_s)} = \frac{0{,}132\ \ 0{,}128 \cdot 375}{4}$$

$$\frac{220}{5{,}15 \cdot 17{,}85} = 3{,}94.$$

Ele servesc la determinarea curentului i_m, a vitezii n şi a curentului i_a. In acest scop se stabilesc λ_1 şi λ_2 :

$$\lambda_1 = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} = \frac{-1{,}353 + \sqrt{1{,}353^2 - 4\ 0{,}394}}{2} =$$

$$= \frac{-1{,}353 + 0{,}496}{2} = -0{,}428$$

$$\lambda_2 = \frac{-\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} = \frac{-1{,}353 - 0{,}496}{2} = -0{,}925.$$

Inlocuind constantele în expresia (32) rezultă :

$$i_m = \frac{220}{0{,}496}\left[\left(\frac{1}{17{,}85} - \frac{0{,}925}{22}\right)e^{-0{,}428t} - \left(\frac{1}{17{,}85} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \frac{0{,}428}{22}\right)e^{-0{,}925t}\right] + \frac{220}{22}$$

$$i_m = 6{,}2\ e^{-0{,}428t} - 16{,}2\ e^{-0{,}925t} + 10. \qquad (79)$$

2. Curentul din motor se obţine în baza ecuaţiei (39) :

$$i_a = \frac{220}{0{,}496 \cdot 5{,}15}\left(e^{-0{,}428t} - e^{-0{,}925t}\right)$$

$$i_a = 86\ (e^{-0{,}428t} - e^{-0{,}925t}) \qquad (80)$$

3. Variaţia vitezii se obţine din ecuaţia (40) înlocuind constantele obţinute :

$$n = \frac{17{,}85\ 220}{0{,}132\ 22 \cdot 0{,}496}\left(-0{,}925\ e^{-0{,}428t} + \right.$$

$$\left. + 428\ e^{-0{,}925t}\right) + \frac{17{,}85 \cdot 220}{0{,}132 \cdot 22}$$

$$n = -2590\ e^{-0{,}428t} + 1170\ e^{-0{,}925t} + 1350. \qquad (81)$$

Curbele corespunzătoare ecuaţiilor (79), (80) şi (81) sunt reprezentate în fig. 2.

4. La determinarea variaţiei vitezii generatorului de frânare se ţine seama de ecuaţiile (53), (59) şi (60). Astfel dacă în integrala :

$$\left(\int i_m^2\, dt\right)_{t=0} + C_n$$

din ecuaţia (59) se consideră $C_n = 0$ se obţine :

$$C_0 = \frac{\left(\int_{im}^{2} dt\right)_{t=0}}{\int_0^4 i_m^2\, dt} = \frac{22}{334{,}7} = 0{,}066,$$

Ca urmare din (60) rezultă :

$$C = n_{g_0}\left(\frac{n_{g\circ}}{n_{g1}}\right)^{C_0} = 1000\left(\frac{1000}{500}\right)^{0{,}066} = 1046.$$

Mărimile caracteristice ale generatorului trebue să îndeplinească relaţia (57) şi anume :

$$A = \frac{ln \frac{n_{g\circ}}{n_{g1}}}{\int_0^4 i_m^2\, dt} = \frac{ln\ 2}{334{,}7} = 0{,}00207.$$

Pentru variaţia vitezii generatorului se obţine deci în baza ecuaţiei (53) :

$$n_g = 1046\ e^{-0{,}00207 \int_{im}^{2} dt} \qquad (82)$$

Ca verificare, pentru $t = 0$ valoarea lui n_g din ecuaţia (82) trebue să devină egală cu $n_{g0} = 1000$ rot/min. Calculând valoarea integralei din exponentul acestei ecuaţii se obţine pentru $C_n = 0$:

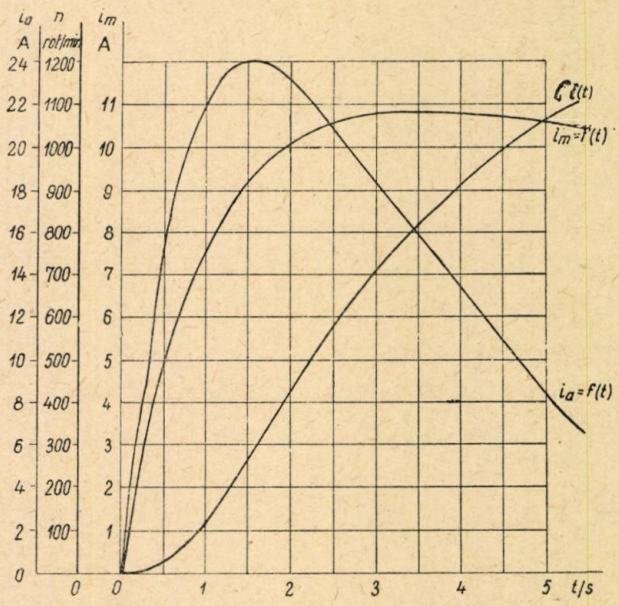


Fig. 2. Variaţia curentului i_m, a curentului i_a şi a vitezei n.

$$\left(\int i_m^2\, dt\right)_{t=0} = 22.$$

Inlocuind această valoare în ecuaţia (82) se obţine :

$$n_g = n_{g0} = 1000 \text{ rot/min.}$$

5. Variaţia tensiunii induse în generator are loc conform ecuaţiei (64) şi anume :

$$E = C_{u_1}\ (6{,}2 e^{-0{,}428t} - 16{,}2\ e^{-0{,}925t} +$$

$$+ 10)\ e^{-0{,}00207 \int_{im}^{2} dt} \text{ volţi} \qquad (83)$$

în care s'a pus :

$$C_{u_1} = 1046\ C_u.$$

6. Pentru a afla şi variaţia cuplului de frânare produs de generator, se calculează constanta C_M cu ajutorul relaţiilor (67) şi (70). Se obţine :

$$C_M = C'_M\, C\ A = \frac{GD_g^2}{365}\frac{30}{\pi}\, C\ A = \frac{250}{365}\, 1046 \cdot 0{,}00207$$

$$C_M = 14{,}2$$

Ca urmare, rezultă variaţia cuplului de frânare în baza ecuaţiei (69) :

$$M = -14{,}2\,(6{,}2\,e^{-0{,}428\,t} - 16{,}2\,e^{-0{,}925\,t} + 10)^2$$

$$e^{-0{,}00207\int_{im}^{2} dt}\ \text{jouli} \qquad (84)$$

La calcularea integralelor din exponentul ecuaţiilor (82), (83) şi (84) se consideră — ca la început — constanta de integrare $C_n = 0$. Astfel se obţin curbele de variaţie din fig. 3.

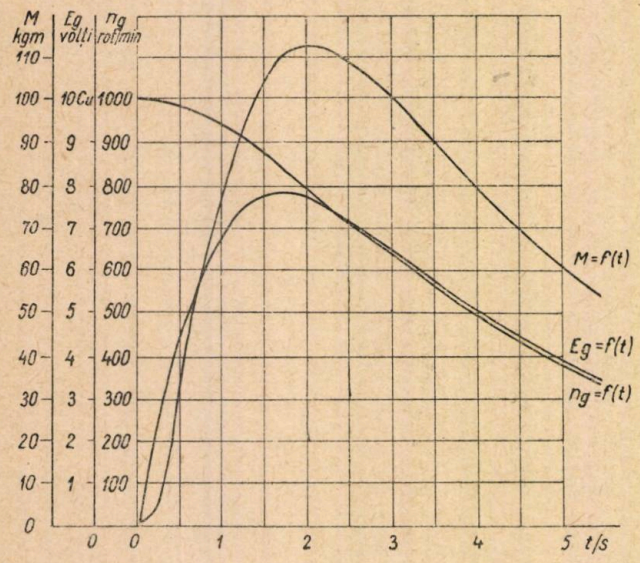


Fig. 3. Variaţia turaţiei n_g, a tensiunii E_g şi a cuplului de frânare M.

7. Din fig. 3 rezultă un cuplu maxim de cca M_{max}=113 kgm, la turaţia n_g =800 t/min, după $t = 2$ s dela începutul frânării. In acest moment generatorul desvoltă puterea dată prin (71) :

$$P_{g\,max} = \frac{M_{max}\ n_g'}{975} = \frac{113 \cdot 800}{975} = 93\ \text{kW}.$$

Puterea generatorului se stabileşte definitiv în baza regimului de funcţionare, conform relaţiei (72).

8. Pentru dimensionarea rezistenţei R din fig. 1 se admite tensiunea nominală la bornele generatorului : $U_{bg} = 550$ V şi căderea de tensiune în generator şi conductele de legătură până la rezistenţă :

$$i_g\, r = 0{,}05 U_{bg} = 0{,}05 \cdot 550 = 27{,}5\ \text{V}$$

Forţa electromotoare indusă în generator trebue să fie deci :

$$E_g = U_{bg} + i_g\, r = 550 + 27{,}5 = 577{,}5\ \text{V}.$$

In baza relaţiei (78) se obţine :

$$r + R = \frac{U_{g\,max}^2}{P_{max}} = \frac{577{,}5^2}{93\,000} = 3{,}66\ \Omega.$$

Curentul maxim rezultă din :

$$P_{g\,max} = i_{g\,max}^2\,(r + R).$$

adică :

$$i_{g\,max} = \sqrt{\frac{P_{g\,max}}{r + R}} = \sqrt{\frac{93\,000}{3{,}66}} = 160\ \text{A}$$

Apoi :

$$r = \frac{(i_{g\,max}\, r)}{i_{g\,max}} = \frac{2{,}75}{160} = 0{,}17\ \Omega.$$

Ca urmare :

$$R = 3{,}66 - 0{,}17 \cong 3{,}5\ \Omega.$$

Dimensionarea definitivă a generatorului şi a rezistenţei se face în baza factorului de intermitenţă, ce se obţine din felul de funcţionare a macaralei.

Este încă necesar de relevat, că montarea motorului cu volan în circuit este cu atât mai necesară şi are un efect cu atât mai favorabil, cu cât inductivitatea circuitului de excitaţie a generatorului este mai mică faţă de rezistenţa sa, deci cu cât constanta de timp a circuitului de excitaţie este mai mică.

★

О МЕТОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА КРАНЕ

Р е з ю м е

Основываясь на схеме опубликованной в литературе, исследуется метод торможения переносного движения тележки мощных кранов таким образом, чтобы возбужденный ток тормозного генератора медленно увеличивался бы до номинальной величины. Возбужденный ток определяет род изменения как скорости и индуктированной э.д.с. генератора, так и момента торможения производимого генератором.

С другой стороны, изменение вобзужденного тока в большой степени зависит от момента вращения примененного объема на валу двигателя, соединенный параллельно с цепью возбуждения генератора.

При помощи численного примера выявляется род изменений фундаментальных величин как-то : ток возбуждения, индуктированная э.д.с. и момент производимый генератором, а также и скорость момента и ток роторной цепи двигателя, с целью определения этих машин.

★

RECONDIŢIONAREA GALVANOMETRELOR MAGNETO-ELECTRICE DE LABORATOR ŞI DE TEREN

Ing. CONSTANTIN TOPOR
Institutul de Metrologie

Recondiţionarea aparatelor electrice de măsurat, din reţeaua metrologică, este una din preocupările importante ale Institutului de Metrologie şi constitue o problemă actuală, care interesează într'o măsură largă industriile care folosesc aceste aparate în controlul fabricaţiei lor.

Problema recondiţionării aparatelor electrice interesează îndeaproape Institutul de Metrologie, întrucât acesta este instituţia care transmite unitatea de măsură în industrie.

Aparatele de măsurat de mare precizie, care trebue supraveghiate continuu şi menţinute la precizia lor iniţială, servesc drept aparate model, după care se verifică aparatele folosite în industrie.

Întrebuinţarea curentă a acestor aparate de măsurat de mare precizie, cere ca ele să fie controlate, revizuite periodic şi recondiţionate atunci când este cazul. In cele mai multe cazuri, în punctul de recondiţionare aparatele de măsurat mai vechi nu sunt numai recondiţionate, dar şi modernizate, adică sunt aduse, din punct de vedere al calităţilor lor mecanice şi electrice, pe aceeaşi linie de perfecţiune cu aceea a aparatelor moderne.

In articolul de faţă ne referim la galvanometrele magnetoelectrice cu bandă de torsiune şi oglindă şi la cele cu axe de oţel pe lagăre de agat şi ac indicator, fie că acestea sunt de tipul staţionar de laborator, fie că sunt de tipul mobil de masă — transportabile sau de teren (spre exemplu pentru prospecţiuni geofizice).

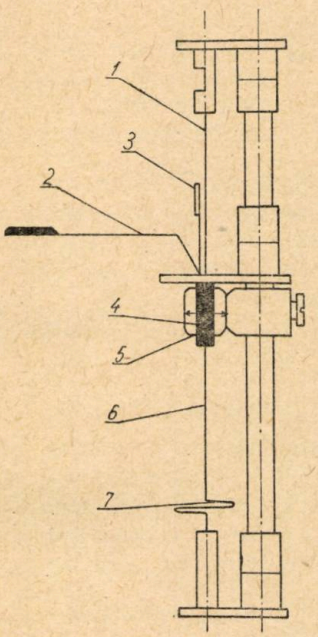


Fig. 1. Coloana unui galvanometru cu bobina întinsă între benzi:
1 — bandă de suspensie; *2* — ac indicator; *3* — oglinda; *4* — miez de fier moale; *5* — bobina mobilă; *6* — bandă de suspensie; *7* — resort.

Galvanometrele sunt aparate electrice cu ajutorul cărora se pot pune în evidenţă curenţii foarte slabi, de ordinul sutimii sau miimii de microamper.

Sensibilitatea acestor instrumente implică o construcţie foarte îngrijită şi deci costisitoare.

Recondiţionarea acestor instrumente ridică uneori probleme aproape tot atât de grele ca şi cele ale construcţiei lor.

Pentru a se înţelege mai bine tehnica recondiţionării galvanometrelor, dăm mai jos caracteristicele lor principale.

CARACTERISTICELE MECANICE DE CONSTRUCŢIE ALE GALVANOMETRELOR

Piesele componente ale unui galvanometru obişnuit sunt:

1. Magnetul.
2. Coloana care susţine sistemul mobil (fig. 1).
3. Sistemul mobil cu oglindă şi benzile de suspensie.
4. Miezul de fier.
5. Nivela.
6. Carcasa cu cele trei picioruşe de reglaj.
7. Sistemul optic al galvanometrului.
8. Sursa de lumină (lanterna).

Caracteristicele electrice ale galvanometrelor

Caracteristice	Simbol
Rezistenţa interioară a galvanometrului .	R_g
Perioada proprie de oscilaţie	T
Rezistenţa critică	R_{crit}
Sensibilitatea la curent sau sensibilitatea la tensiune	S_I S_V
Constanta balistică	K_b

Rezistenţa interioară este rezistenţa cadrului mobil împreună cu benzile de suspensie.

Perioada proprie de oscilaţie este durata unei oscilaţii complete în circuit deschis al sistemului mobil.

Rezistenţa critică este rezistenţa cea mai mare, necesară şuntării galvanometrului, pentru ca oscilaţiile sale să devină din periodice, aperiodice.

Sensibilitatea la curent S_I este raportul $\frac{\alpha}{I}$.

Sensibilitatea la tensiune S_V este raportul $\frac{\alpha}{V}$.

Constanta balistică este cantitatea de electricitate pentru care, prima amplitudine este egală cu o diviziune din scara galvanometrului

$$K_b = \frac{Q}{\alpha}$$

Pentru folosirea galvanometrelor într'o schemă oarecare, trebue să se cunoască dinainte sensibilitatea la curent, precum şi sensibilitatea la tensiune a aparatului.

Sensibilitate la curent. După cum s'a scris mai sus, sensibilitatea la curent este raportul $\frac{\alpha}{I}$, adică numărul de mm al scalei gradate corespunzător unui curent de 1 A şi la distanţa de 1 m faţă de galvanometru

$$S_I = \frac{\alpha}{I} \qquad (1)$$

în care : S_I — sensibilitatea la curent ;
I — curentul necesar galvanometrului pentru a da α diviziuni.

Sensibilitatea la tensiune. In mod asemănător, se poate scrie pentru tensiune :

$$S_v = \frac{\alpha}{V} \qquad (2)$$

unde : S_v — sensibilitatea la tensiune ;
V — tensiunea la bornele galvanometrului ;
α — numărul de diviziuni deviate.

Făcând raportul expresiilor (1) şi (2) obţinem :

$$\frac{S_I}{S_v} = \frac{V}{I} \text{ de unde } S_v = \frac{S_I \cdot I}{V}$$

dar

$V = R_g \cdot I$ *i* R_g fiind rezistenţa galvanometrului în ohmi

$$S_v = \frac{S_I}{R_g}.$$

Deobicei pe galvanometre se scrie numai sensibilitatea la curent şi rezistenţa interioară, iar sensibilitatea la tensiune rezultă.

Perioada de oscilaţie proprie. Dacă se dă un impuls de curent, de ordinul câtorva microamperi, galvanometrului şi este apoi lăsat liber să oscileze, se vede că el oscilează mult în jurul poziţiei zero, dacă circuitul electric exterior este întrerupt. Perioada unei oscilaţii complete se numeşte perioada proprie de oscilaţie a galvanometrului şi se exprimă în secunde :

$$T = \frac{t}{n_{osc}}$$

în care : T — perioada proprie de oscilaţie ;
t — timpul în secunde necesar pentru n oscilaţii complete.

Perioada proprie de oscilaţie are mare importanţă în aprecierea calităţii unui galvanometru. In majoritatea cazurilor se cere ca perioada proprie de oscilaţie să fie cât mai mică posibil, aceasta este necesar fiindcă cetirile trebue efectuate într'un timp foarte scurt.

Oscilaţiile galvanometrului se pot amortiza prin legarea în paralel cu sistemul mobil al unei rezistenţe exterioare ; variind rezistenţa, se poate obţine gradul de amortizare dorit.

Rezistenţa critică. Valoarea maximă a circuitului rezistent exterior pentru care oscilaţiile galvanometrului din periodice devin aperiodice, se numeşte rezistenţa critică şi este o mărime caracteristică de care trebue să se ţină seama neapărat când vrem să facem determinări cu galvanometrul într'un montaj dat.

Galvanometrele care au o rezistenţă critică mică sunt nepractice în montaje cu rezistenţă mare, fiindcă galvanometrul va oscila mult în jurul punctului de echilibru, prelungind excesiv timpul necesar unei determinări. Tot astfel galvanometrele cu rezistenţă critică mare nu pot fi folosite în montaje cu rezistenţă mică, fiindcă sistemul mobil al galvanometrului s'ar întoarce atât de încet, încât nu s'ar putea aprecia diviziunea de echilibru, ceea ce ar denatura rezultatul determinării.

Din toate acestea, se vede că galvanometrele trebue alese să aibă caracteristice corespunzătoare montajului în care sunt puse să lucreze.

Factorul de calitate al aparatelor. Calitatea aparatelor de măsurat poate fi considerată şi din punctul de vedere al erorilor posibile datorite frecărilor, unde se ţine seama de o mărime convenţională numită factor de calitate (cazul galvanometrelor cu ax, pe lagăre)

$$\gamma = \frac{10\, M_{rot}\, 90^\circ}{G\, 1{,}5}$$

în care : M_{rot} — cuplul de rotaţie în gcm care corespunde deviaţiei sistemului mobil cu 90° ;
G — greutatea sistemului mobil în g.

Pentru instrumentele bune, valoarea factorului de calitate se apropie de unitate.

Cu titlu de exemplu, arătăm mai jos rezultatele unei recondiţionări şi ale îmbunătăţirii factorului de calitate.

Sistemul mobil al unui galvanometru de lucru curent, tip vechi, avea :

$$G_{\text{original}} = 5{,}72 \text{ g.}$$

Bobina originală era executată pe cadrul greu de cupru.

Cu ocazia recondiţionării generale a galvanometrului, s'a executat o nouă bobină mobilă, fără cadru, a cărei greutate este de numai :

$$G_{\text{nou}} = 2{,}74 \text{ g}$$

Din raportul

$$\frac{\gamma_{\text{nou}}}{\gamma_{\text{original}}}$$

rezultă că :

$$\gamma_{\text{nou}} = 3{,}22\ \gamma_{\text{original}}$$

Această îmbunătăţire a factorului de calitate, a redus sensibil şi perioada proprie de oscilaţie a sistemului.

Parametrii constructivi ai galvanometrelor. Sensibilitatea galvanometrului este în funcţie de următorii parametri :

1. Felul suspensiei.
2. Lungimea firului de suspensie.
3. Secţiunea, forma şi natura firului de suspensie.
4. Rezistenţa electrică a firului de suspensie.
5. Suprafaţa bobinei în întrefier.
6. Numărul de spire al bobinei.
7. Rezistenţa bobinei mobile.
8. Intensitatea câmpului magnetic.

Sensibilitatea mare conduce întotdeauna la cadre mobile cu suprafaţă mare. Pentru a avea însă şi o perioadă mică de oscilaţie, deci pentru a avea un moment mic de inerţie, se va căuta să se obţină bobine lungi şi înguste.

Galvanometrele cu cadre lungi suspendate au avantajul de a fi sensibile, au însă desavantajul că — fiind prea lungi — centrarea lor (punerea în staţie) este greu de făcut, mai ales când întrefierul este mic. Aceste tipuri de galvanometre se complică încă cu o piesă în plus, nivela, pentru controlul verticalităţii. In cele mai multe cazuri când se cere o punere uşoară în staţie şi nu este nevoie de o sensibilitate prea mare, se utilizează galvanometre cu sistemul mobil întins între benzi, care au avantajul faţă de cele suspendate că păstrează exact poziţia zero.

Pentru galvanometrele suspendate şi sensibile ca milivoltmetre, se întrebuinţează deobicei în locul benzii de suspensie din bronz fosforos, firul de cuarţ.

Firul de cuarţ are rolul aici doar de a ţine bobina suspendată, curentul intră şi iese din bobină prin benzi de aur foarte subţiri 0,4 μ care are circa 10% din forţa direcţională totală a firului de suspensie ; această forţă direcţională la rândul ei fiind foarte mică. Galvanometrele cu fir de cuarţ pot atinge uşor sensibilităţi de ordinul 10^{-10} A/mm/m, limita fiind 10^{-11}/mm/m. Peste această limită intervine fenomenul mişcării browniene.

Mişcările browniene în aer, acţionând asupra bobinei şi cadrului mobil, produc un cablu şi, în virtutea legilor de probabilitate, dau o deviaţie variabilă ; natural că suma tuturor acestor deviaţii într'un anumit timp va fi nulă, dar în acelaşi timp, când galvanometrul este foarte sensibil, aceste mici deviaţii turbură punctul zero şi fac imposibilă măsurarea micilor deviaţii produse de curent în cadru.

Mişcarea browniană a electronilor în circuitul galvanometrului. Evident, ne-am putea gândi la introducerea galvanometrului în vid, dar aceste mişcări browniene nu sunt specifice moleculelor de aer care înconjoară sistemul mobil al galvanometrului. Există o mişcare browniană a electronilor în circuitul galvanometrului pentru toate temperaturile diferite de 0°K ; această mişcare produce o mică forţă electromotoare a cărei valoare medie, într'un interval de timp anumit, este nulă. Dar aceşti curenţi sunt de acelaşi ordin ca acei care trebue măsuraţi. Deaceea limita posibilă de măsurare este de ordinul 10^{-11} A/mm/m. Sensibilitatea unui galvanometru se poate mări cu mijloace exterioare aparatului ; despre aceasta însă nu mai este cazul să vorbim aici.

RECONDIŢIONĂRILE

Recondiţionările pot fi privite din două puncte de vedere şi anume : din punct de vedere electric — cuprinzând bobinele sistemului mobil şi rezistenţele electrice de manganin — şi din punct de vedere mecanic, cuprinzând reparaţiile de axe de oţel, ace indicatoare, lagăre de agat şi alte diferite piese mecanice ale sistemului mobil.

Galvanometrele fiind aparate sensibile, se pot deteriora foarte uşor. Ruperea benzilor de suspensie şi stricarea bobinelor mobile, sunt cazuri curente de deteriorări.

După un timp oarecare de funcţionare, oglinzile galvanometrelor se pătează, iar spotul apare din această cauză insuficient de luminos şi de clar, obosind ochiul operatorului.

Bobinele sistemelor mobile sunt de două feluri : cu cadru de aluminiu şi fără cadru de aluminiu.

Recondiţionarea bobinelor cu cadru de aluminiu este mult uşurată, deoarece există un suport pe care se poate pune sârma bobinei.

Există însă şi cazuri când trebue să se confecţioneze un cadru nou. In acest caz, se trage cu o matriţă specială un degetar de aluminiu care se taie apoi pe strung cu un cuţit circular la lăţimea cadrului dorit. Operaţia se face în modul următor : degetarul de aluminiu este prins de un dorn, care are de jur împrejur un şanţ. Tăierea se face prin forfecare circulară, cu ajutorul unui cuţit circular prins în suportul strungului (fig. 2).

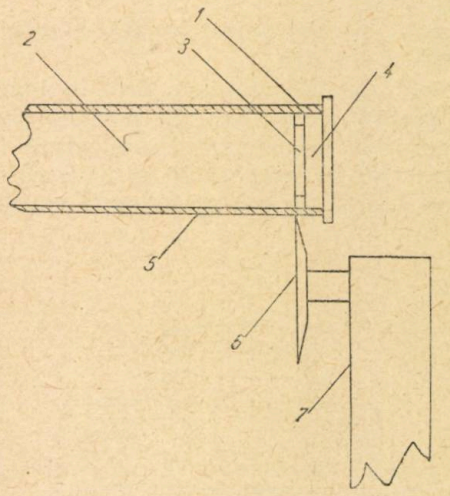


Fig. 2. Dispozitiv pentru tăierea cadrelor de aluminiu : 1 — tub aluminiu ; 2 — dorn oţel ; 3 — şanţ ; 4 — dorn oţel ; 5 — tub aluminiu ; 6 — cuţit circular ; 7 — tije pentru prins în snportul strungului.

După ce s'au obţinut inelele, acestea se introduc pe un dorn pătrat sau triunghiular, în funcţie de forma care se intenţionează să se dea cadrului. Se turtesc laturile, dându-li-se forma de patrulatere. Se introduc apoi pe un gabarit prevăzut cu o gaură, în care se introduce un ax. Axul se prinde într'un mandrin şi se bobinează

numărul de spire dorit. Se dă cu lac bachelit şi se usucă în etuvă la 60°C timp de 30 de min.

Confecţionarea bobinelor fără suport. In acest scop, se confecţionează cu multă îngrijire 4 suporţi, fiecare prevăzut cu un locaş special în care se aşează sârma bobinei (fig. 3).

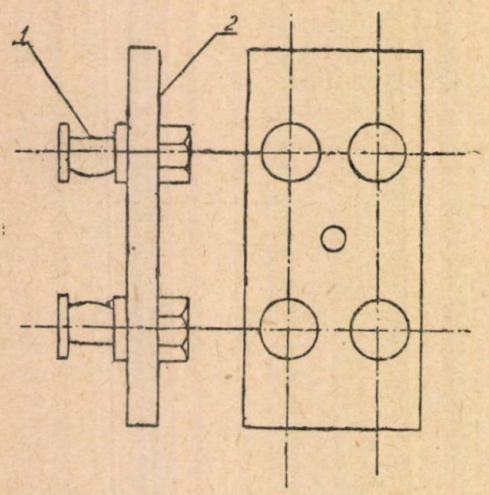


Fig. 3. Suport pentru confecţionarea bobinelor fără cadru metalic:
1 — lăcaş pentru bobină; *2* — placă Heres.

Bobinarea se face spiră lângă spiră şi după fiecare strat se aplică un strat subţire de lac bachelit, după care se introduce bobina, împreună cu suportul, într'o etuvă unde se usucă timp de aproximativ 30 de minute la o temperatură de 60°C. Se trece apoi la bobinarea celui de al doilea strat şi se procedează la fel ca la primul strat.

După ce bobina a fost uscată complet, se îndepărtează suporţii.

Această operaţie se face prin încălzirea acestora, pentru a nu deforma bobina. Se lăcuesc apoi colţurile bobinei interioare (locul unde au stat suporţii) cu lac bachelit şi se usucă din nou. Se trece apoi la fixarea agrafelor de alamă (fig. 4)

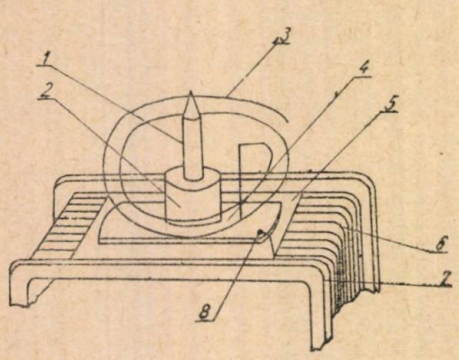


Fig. 4. Lipitura capului bobinei (la bobinele cu bandă, axele de oţel se înlocuesc cu nişte mici axe de bronz, de care se lipesc benzile):
1 — ax de oţel; *2* — buccea de bronz; *3* — spirală; *4* — agrafă de alamă; *5* — hârtie de mătase; *6* — bobinaj; *7* — cadru de aluminiu.

care poartă axul de oţel, în cazul sistemelor de lagăre, sau axul de bronz pentru lipirea benzii, în cazul sistemelor suspendate cu bandă. Pentru o cât mai bună izolaţie, se obişnueşte să se intercaleze între agrafă şi bobină o bandă de hârtie de mătase. Totul se impregnează cu un lac de nitroceluloză. Lipirea benzilor de suspensie se face cu o pastă specială neacidă, pentru ca să nu atace cu timpul banda (glicerină, alcool şi colofoniu).

Deasemenea, lipirea capetelor bobinei la agrafă se face tot cu pastă neacidă.

Rezistenţele electrice folosite în aparatele de calitate superioară (etaloane) se fac din sârmă de manganin, care practic are proprietatea că nu-şi schimbă rezistenţa electrică cu temperatura. Acest fenomen este aproape complet eliminat, dacă bobinele de manganin sunt supuse la un tratament termic pentru a se maturiza.

Pentru a se înlătura fenomenul selfinducţiei, se face un bobinaj antiinductiv, bifilar.

Laboratorul etaloanelor de electricitate al Institutului de Metrologie foloseşte următoarea metodă de maturizare:

Bobinele se lăcuesc cu şellac mult diluat şi se supun la o temperatură de 60°C într'o etuvă, timp de o oră. Când s'a terminat uscarea bobinajului, se măsoară rezistenţa. (Ex. la o rezistenţă făcută de Laboratorul nostru, s'a găsit, după uscarea în etuvă, valoarea de 110,08 Ω). Maturizarea constă într'un tratament termic la 140°C timp de 32 ore (la rezistenţa de mai sus, după maturizare, s'a găsit valoarea 108, 206 Ω deci o scădere cu 1,8%). După maturizare, se observă o scădere a rezistenţei cu circa 2%. Rezistenţele de mare precizie trebue ferite de cele mai mici urme de umezeală. Deaceea se recomandă precauţiuni cu totul speciale la uscarea şi impregnarea rezistenţelor.

Axele de oţel şi şlefuirea lor. Uneori se prezintă la recondiţionat galvanometre pe axe care au frecări apreciabile. Aceste frecări pot fi datorite mai multor cauze: prafului din întrefier, pulberilor foarte fine de fier strâns din atmosferă prin forţa de atracţie a magnetului, frecări pe axe a sistemului mobil, etc. Deasemenea, din cauza funcţionării îndelungate, din cauza vibraţiilor repetate, sau însfârşit din cauza unui accident oarecare, vârfurile axelor de oţel sunt uzate sau rupte. In asemenea cazuri, axele trebue observate la microscop. Uneori, axele nu sunt bine călite; în acest caz ele trebue extrase din montura lor, călite şi apoi şlefuite. Călirea se face deobicei în apă. Nu li se fac reveniri termice, deoarece căldura degajată la şlefuirea lor este suficientă acestei reveniri. De multe ori însă, axele sunt atât de rău deteriorate, încât trebue înlocuite. In acest caz, se foloseşte un oţel inoxidabil.

Galvanometrele cu axe de oţel şi ace indicatoare, sunt în general mai puţin sensibile (fig. 5) dar mult mai practic de folosit, nemaiavând oglindă, sursă de lumină, etc. Din cauză că se urmăreşte totuşi o sensibilitate destul de mare, se pun spirale puţin rigide din bronz fosforos, ceea ce face ca cele mai uşoare frecări să fie simţite de sistemul mobil. Deaceea, trebue să se

aibă în grije o foarte bună şlefuire a axelor de oţel. Şlefuirea se poate face semiautomat sau complet automat. Şlefuirea semiautomată se face întâi în ulei cu piatră „Missisipi" (o piatră dură

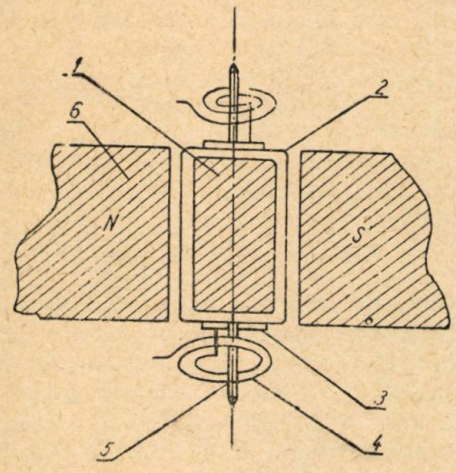


Fig. 5. *1* — miez de fier; *2* — cadru mobil; *3* — agrafă; *4* — spirală; *5* — ax de oţel; *6* — polmagnet (se observă montarea spiralelor în mod invers).

cu o granulaţie foarte fină). Piatra este deobicei circulară şi are o viteză de circa 2 000 rot/min. Axul este prins într'un dispozitiv special, care are o viteză de circa 3 000 rot/min. După prima şlefuire, se trece la şlefuirea fină cu oxid roşu de fier şi apoi cu oxid verde de crom. Şlefuirea trebue făcută foarte bine, astfel ca atunci când axul este privit la microscop să nu mai prezinte nici un fel de sgârieturi.

Suprafaţa conului trebue să se prezinte ca o oglindă. Vârful conului axului are un unghi de 60° şi o rază de rotunjire de aproximativ 0,02 mm (fig. 6), iar în cazul aparatelor portative

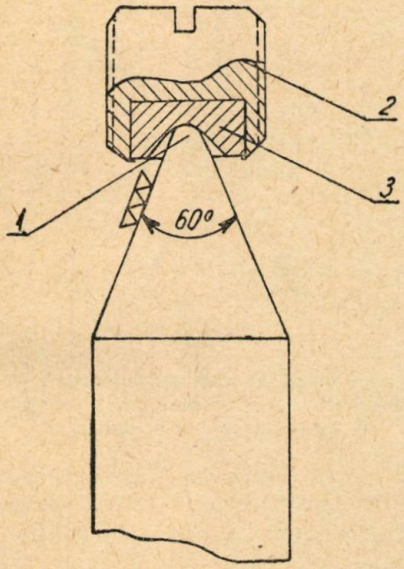


Fig. 6. *1* — vârf ax; *2* — şurub; *3* — piatră agat.

care sunt supuse la sguduiri, raza se măreşte dela 0,2 la 0,3 mm.

Rotunjirea axelor se face în general cu ajutorul unei plăcuţe de ebonită, prin apăsarea acesteia uşor pe vârful axului în mişcarea de rotaţie. Ebonita are proprietatea de a netezi muchiile sau vârfurile ascuţite.

Lagărele pe care se sprijină vârfurile sunt şuruburi cu un filet foarte fin, care au într'una din părţi un lăcaş în care se montează piatra de rubin sau de agat.

Inainte de a fi montate, lagărele trebue curăţite cu un vârf de lemn în mişcare de rotaţie, şi studiate la microscop, iar cele care prezintă sgârieturi sau spărturi nu trebue montate. Inşurubarea lor trebue făcută astfel, încât sistemul mobil să aibă un joc uşor spre a putea oscila fără să se blocheze şi să fie echilibrat din punct de vedere mecanic. In acest scop, sunt prevăzute — în lungimea acului — două contragreutăţi, din care se poate regla compensarea la verticalitate şi orizontalitate.

Curăţirea de oxizi a spiralelor la galvanometrele magnetoelectrice cu ax pe lagăre. De multe ori, spiralele de bronz fosforos ale galvanometrelor magnetoelectrice pe lagăre de agat sunt foarte oxidate. Acest lucru se datoreşte, fie faptului că galvanometrele au stat într'o atmosferă prea oxidantă, fie urmelor de acid rămase dela lipirea spiralelor cu o pastă acidă. Cu timpul, acest lucru schimbă caracteristicele galvanometrelor. Deaceea, atunci când se recondiţionează un galvanometru, trebue observat şi din acest punct de vedere.

Spiralele sunt mai întâi degresate cu alcool şi apoi cu eter; se spală apoi cu apă distilată şi se introduc, cu ajutorul unei pensete — o fracţiune de secundă — într'un amestec de următorii acizi:

acid azotic fumans	50 cm³
acid clorhidric concentrat	25 cm³
acid sulfuric concentrat	25 cm³

După scoaterea lor din această baie, se introduc iute într'o baie de hidroxid de potasiu sau de sodiu, pentru neutralizare, se spală bine cu apă distilată şi se usucă pe hârtie de filtru. Inainte de fixarea lor la bobine, este bine să se facă o nouă recositorire a capetelor spiralelor. Părţile care se cositoresc se ung mai întâi cu un lichid format din alcool, glicerină şi colofoniu.

Benzile de suspensie şi spiralele de bronz fosforos. Benzile de suspensie şi spiralele sunt foarte des arse, din cauza trecerii unui curent prea intens prin bobină, sau rupte, din cauza unui accident oarecare; ele deci nu mai pot fi reparate, ci trebue înlocuite cu altele noi. In acest scop, se face o mică instalaţie, compusă dintr'un laminor mic, prin care se trece firul de bronz fosforos. După ieşirea din laminor, banda se trece printr'un mic cuptor pentru detensionarea ei. Spiralele se execută prin înfăşurarea benzilor în casete de oţel. Distanţa dintre spire este dată de numărul de benzi introduse în casete. In mijlocul casetelor se găseşte o tije cu o tăietură, în care se angajează mijlocul benzilor.

Benzile sunt înfăşurate în casete până când se simte că tija se învârteşte greu. In acest moment, se scoate tija şi caseta este pusă într'un tub de fier. Deasupra casetei, în tub, se pune un

strat de praf de asbest şi tubul se introduce într'un cuptor cu temperatura constantă la 320°C, timp de 30 de minute. In acest cuptor se face detensionarea materialului. După acest tratament termic, spiralele sunt lăsate să se răcească la temperatura mediului ambiant. Se taie apoi mijlocul spiralelor (de ex. din 3 benzi ies 6 spirale). Se vede deci că operaţia de confecţionare a spiralelor nu este făcută de o maşină automată aşa cum se poate uşor crede (fig. 7 arată detalii

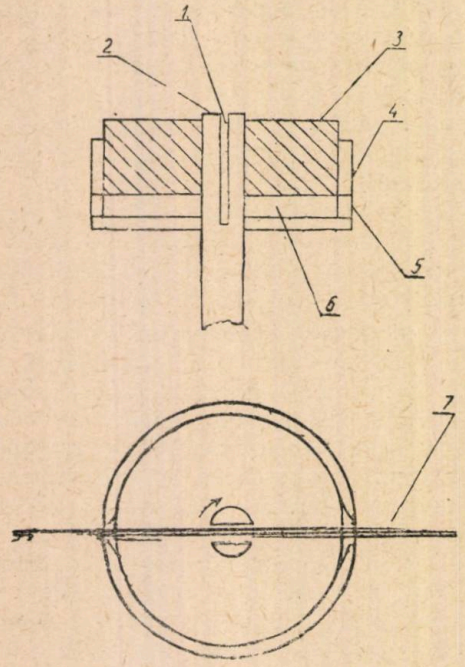


Fig. 7. *1* — tăietură; *2* — tije; *3* — capac; *4* — casetă; *5* — orificiu pentru intrarea benzii; *6* — spaţiu pentru spirală; *7* — benzi.

asupra casetelor de oţel folosite pentru spirale), ci este o operaţie manuală.

Echilibrarea sistemului mobil. Echilibrarea are o importanţă foarte mare la aparatele cu ax orizontal, cât şi la aparatele cu ax vertical, deoarece nu întotdeauna aparatul se găseşte într'o poziţie perfect verticală. Echilibrarea se face prin deplasarea greutăţilor care se află pe cele două sârmuliţe din spatele bobinei (fig. 8). După mutarea greutăţilor, ele trebue blocate cu şellac pentru a preveni o desechilibrare în timpul transportului, dar aceasta să nu se facă prin mărirea cantităţii de şellac. Deasemenea, şellacul sau altă compoziţie să nu se lase în stare lichidă, deoarece aceasta provoacă în mod inevitabil o nouă desechilibrare.

Se recomandă echilibrarea la zero în cinci poziţii: prima — orizontal, a doua — vertical, a treia şi a patra — laterale, iar a cincia — tot vertical, însă cu rotirea la 180°. In felul acesta, se echilibrează cadrele întinse între două benzi cu bobine uşoare sau pe axe. La cele care sunt suspendate, această operaţie este mult îngreunată; totuşi există şi aici o posibilitate de echilibrare şi anume, înainte de montarea bobinei.

Oglinzile galvanometrelor. Oglinzile formează o parte mai dificilă a recondiţionării galvanometrelor. Inainte se făceau prin precipitarea argintului din sărurile sale, cu ajutorul anumitor reducători organici, ca de exemplu, zahăr, aldehidă formică, etc. Acest procedeu a fost astăzi aproape părăsit, deoarece oglinzile nu sunt de bună calitate din cauza depunerii neuniforme a argintului. Oglinda privită prin transparenţă, apare ca o sită cu foarte multe puncte de lumină. Acest lucru persistă uneori chiar atunci când se fac depuneri succesive de două sau trei ori. Spotul, obţinut cu o oglindă ca aceasta, apare colorat şi oboseşte ochiul. In ultimul timp, oglinzile de bună calitate se obţin prin depunerea catodică a argintului în vid, sau prin metoda pulverizării în vid.

Confecţionarea oglinzilor prin pulverizare în vid. Pulverizarea metalului se poate face dintr'o bucată de argint aşezată într'o spirală de tantal sau wolfram (fig. 9). Nacela are o formă conică, iar sârma are un diametru de circa 0,3 mm. O bucăţică mică de metal de circa 3 până la 5 mm este pusă în nacelă. Deasupra pulverizatorului este pusă o diafragmă de circa 2 mm diametru. Sticla pentru oglindă se aşează la o distanţă de 7 cm deasupra diafragmei. In momentul când se realizează un vid bun (10^{-4} tori), se dă drumul curentului pentru încălzirea pulverizatorului. Oglinzile argintate se acoperă pe partea argintată cu un strat foarte subţire de şellac pentru protecţia argintului.

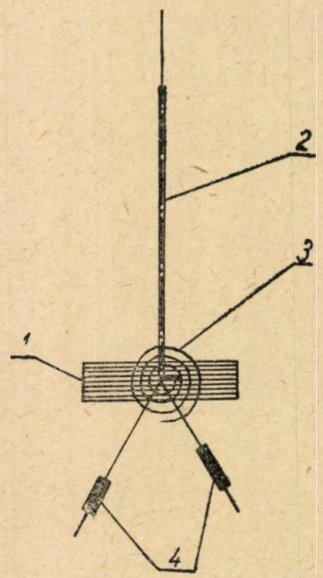


Fig. 8. Echipajul mobil al unui galvanometru pe axe: *1* — cadru mobil; *2* — ac indicator; *3* — spirală; *4* — greutăţi de compensare.

Recondiţionarea galvanometrelor pentru oscilografe. Aceste galvanometre sunt caracterizate printr'un sistem mobil foarte uşor şi cu o bobină foarte îngustă (deobicei sub 2 mm). Sistemele sunt cufundate în ulei sau în alt mediu vâscos, pentru ca mişcările lor să fie cât mai amortizate. Elementele care se strică în mod curent la aceste galvanometre sunt oglinzile, benzile de suspensie şi bobinele. La recondiţionarea acestor aparate, se cere — pentrucă este vorba de mai multe

galvanometre — ca toate sistemele mobile să aibă aceeaşi greutate, iar aceasta să fie cât se poate de mică.

Oglinzile acestor aparate se confecţionează din sticlă foarte subţire, deobicei sub 0,1 mm. După ce s'au argintat prin procedeele mai sus arătate,

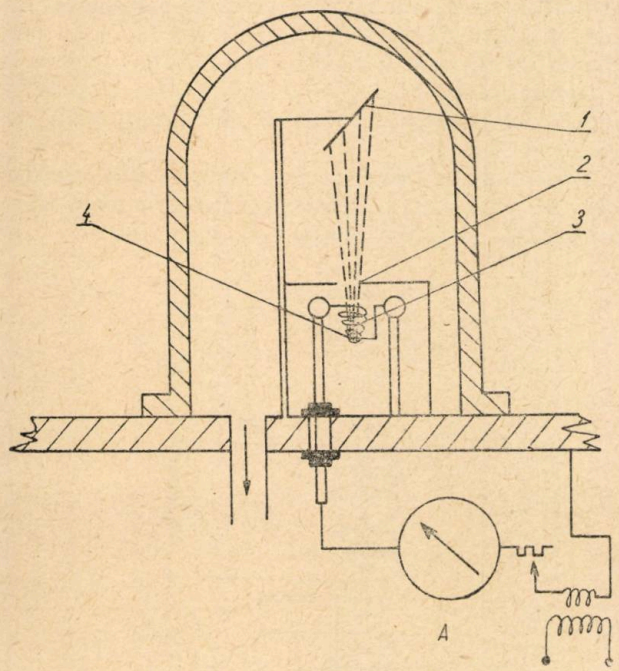


Fig. 9. Dispozitiv de pulverizare în vid:
1 — placa unde se aşează sticla; *2* — diafragma; *3* — nacela de tantal; *4* — metalul (Ag).

plăcuţele de sticlă se taie în şuviţe foarte înguste, sub 1 mm lăţime şi de 8 până la 9 mm lungime. Tăierea sticlei nu se face cu diamant obişnuit, ci cu o plăcuţă vidia ascuţită într'un mod special. Lacul folosit pentru lipirea oglinzilor în interiorul bobinelor, nu trebue să deformeze oglinda şi nici bobina prin uscarea sa. Sudurile benzilor la bobine se lăcuesc, pentru a se evita oxidarea lor. Lacul trebue ales astfel încât să nu se disolve în lichidul de amortizare al galvanometrului.

Galvanometre pentru înregistrări de sunet. Tehnica înregistrării sunetului pe cale optică a luat o mare desvoltare şi este singura metodă folosită cu succes în cinematografie.

Sunt multe sisteme de înregistrare optică, însă rezultatul cel mai bun l-au dat înregistrările cu galvanometre. Galvanometrele pentru sunet sunt caracterizate printr'o frecvenţă proprie foarte ridicată. Cele mai bune au o frecvenţă proprie de circa 10 000 Hz.

Ca şi la galvanometrele pentru oscilografe obişnuite, piesele cele mai susceptibile defectării sunt tot benzile şi oglinzile. Ele se remediază în mod analog galvanometrelor pentru oscilografe.

Magneţii. Galvanometrele cu magneţi slabi (descărcaţi) se recondiţionează prin încărcarea magneţilor. Aceştia sunt scoşi, curăţaţi de rugină, zincaţi, cadmiaţi, sau metalizaţi într'un fel oarecare şi apoi încărcaţi printr'unul din procedeele descrise mai jos.

A. *Incărcarea magneţilor.* Magneţii se încarcă în general cu un electromagnet foarte puternic.

La încărcarea magneţilor se utilizează curentul continuu. Se pot încărca şi cu curent alternativ, dar în acest caz electromagnetul este alimentat din reţeaua de curent alternativ printr'o lampă ignitron, comandată cu tuburi electronice cu gaz. Tuburile electronice cu gaz (tuburi tiratron) funcţionează ca relee, aprinzând lampa ignitron la momentul potrivit, adică la semiunda pozitivă.

B. *Maturizarea magneţilor.* Fiecare magnet suferă în decursul timpului o scădere mai mică sau mai mare a inducţiei lui magnetice, adică îmbătrâneşte.

Din punct de vedere tehnic trebue deosebite două feluri de maturizări:

a) maturizarea de structură;

b) maturizarea magnetică.

Prin maturizarea magnetică se înţelege o schimbare a valorii forţei portante, care printr'o nouă magnetizare poate fi readusă la forma dela început. Maturizarea magneţilor permanenţi depinde de natura materialului. In special grupa oţelurilor laminate şi grupele magneţilor turnaţi şi pulverulenţi suferă, din cauza structurii lor deosebite, o maturizare cu altfel de evoluţie. In multe cazuri, este important ca forţa portantă a magneţilor permanenţi instalaţi să nu se schimbe cu timpul (de ex. magneţii de frână la contori electrici, sau magneţii dela aparatele de măsurat: galvanometre, ampermetre, voltmetre, etc.). In aceste cazuri, se va încerca printr'un mijloc oarecare să se stabilizeze magnetul.

Maturizare de structură. Maturizarea de structură se foloseşte în special la oţelurile martensitice; ea se produce prin salturi parţiale ale transformărilor de forţă magnetică, prin micşorarea aglomerărilor de părticele fine de structură şi prin efectul temperaturilor ridicate. Chiar la temperatura normală, se produce în cursul timpului o înceată stabilizare, care aduce după sine o micşorare a valorii magnetice. Astfel, o fierbere în apă a magneţilor din oţel laminat — în cele mai multe cazuri — este suficientă pentru maturizare. In afară de aceasta, adeseori magneţii se supun la o depozitare îndelungată pentru ca structura lor să se stabilizeze (maturizare naturală).

Dacă pentru stabilizarea structurii magneţilor permanenţi laminaţi trebue să se folosească temperaturi peste 100°C, apare pericolul ca forţa magnetică să scadă într'o măsură inadmisibilă. Cu ocazia operaţiilor superficiale ulterioare, este de dorit ca temperatura de maturizare să nu fie depăşită în nici un caz. In foarte multe cazuri, micşorarea calităţii magneţilor laminaţi se datoreşte operaţiilor de uscare a lacurilor, de sudură, sau altor lucrări efectuate cu ajutorul căldurii. Magneţii turnaţi şi aceia formaţi prin aglomerări de pulberi (magneţi sinterizaţi) nu au practic o maturizare de structură.

La temperatura de 400°C — temperatură vecină punctului de revenire — se obţine o uşoară îmbunătăţire a forţei portante în cursul timpului.

Dacă se lasă însă să lucreze temperaturi superioare temperaturii de revenire, adică 500—600°C, se obţine o micşorare a calităţilor magnetice.

TIPURI MODERNE DE GALVANOMETRE

a) *Galvanometre cu miez magnetic.* Galvanometrele de sensibilităţi mari, moderne, au un magnet de dimensiuni foarte mici şi sunt de tipul ALNI sau ALNICO.

Magnetul nu are însă polii la exteriorul bobinei. El are formă cilindrică şi este aşezat în interiorul bobinei mobile (fig. 10), fiind magnetizat special, astfel încât absolut tot câmpul magnetic este închis prin bobină. Are avantajul că este mult mai uşor la aceeaşi sensibilitate, în comparaţie cu un galvanometru de tip vechi. La asemenea galvanometre, se pot monta lagăre de agat interioare şi i se poate adopta o bobină pe axe cu spirale. Se pot realiza, în felul acesta, galvanometre robuste şi totuşi foarte sensibile. Recondiţionarea acestor galvanometre este mai uşoară. Magnetul se demagnetizează foarte greu, din cauza formei lui şi inelului de fier din jur.

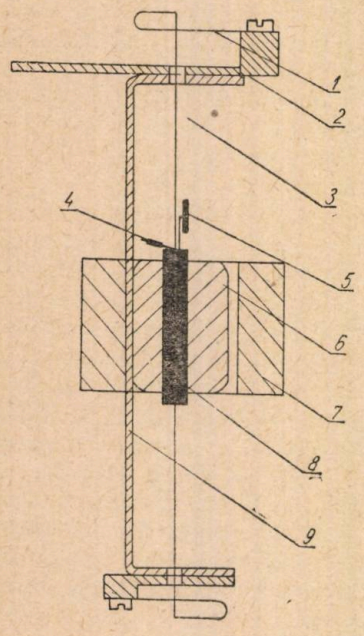


Fig. 10. Galvanometru cu miez magnetic:
1 — lamă elastică din bronz fosforos; *2* — furca dispozitivului de zero; *3* — bandă de torsiune; *4* — greutăţi de compensare; *5* — oglindă; *6* — miezul magnetic; *7* — inel de fier; *8* — bobina mobilă; *9* — suportul coloanei galvanometrului.

b) *Galvanometre cu flotor.* Acestea sunt galvanometre a căror bobină mobilă este prevăzută cu un flotor. Tot sistemul mobil este introdus într'un ulei de amortizare. Caracteristica acestui sistem de galvanometru este că sistemul mobil stă în echilibru indiferent. Flotorul este calculat să dislocuiască o cantitate de lichid egală cu greutatea sistemului mobil. El se confecţionează dintr'o sferă goală din tablă de aluminiu şi se montează în axul benzii de torsiune. Marele avantaj al acestui nou model de galvanometru este că şocurile primite de el nu sunt transmise benzilor de suspensie, fiindcă forţa de gravitaţie a sistemului mobil este complet anulată. Aceste sisteme sunt folosite mult în prospecţiunile de geofizică. Cauza deteriorării este pierderea lichidului de amortizare, care face ca sistemul să fie sensibil la şocuri, deci la ruperea benzilor de suspensie. Recondiţionarea constă în înlocuirea suspensiilor şi garniturilor dela lentile, spălarea sistemului cu benzină farmaceutică, înlocuirea oglinzilor şi umplerea cu un nou lichid de amortizare.

Galvanometre fără bobină mobilă. Acest tip este folosit la oscilografe. Modul de funcţionare se vede în (fig. 11).

Pentru amortizare, se foloseşte un ulei special care se pune într'o spirală (rezistenţă electrică), înfăşurată în jurul benzii de suspensie.

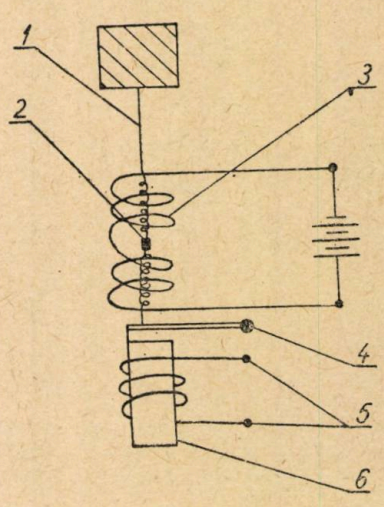


Fig. 11. *1* — bandă de torsiune; *2* — oglindă; *3* — spirală de încălzire electrică a uleiului; *4* — paletă de fier moale; *5* — curentul de studiat; *6* — electromagnet

Banda de suspensie este răsucită într'un sens până la oglindă şi în sens invers dela oglindă până la paleta de fier moale. Rezistenţa din jurul benzii are rolul de a păstra constantă vâscozitatea lichidului, atunci când sunt variaţii de temperatură. Ca şi la celelalte galvanometre, recondiţionarea constă în înlocuirea oglinzilor, atunci când nu mai au argint bun, sau din înlocuirea benzilor, când acestea sunt rupte.

Bibliografie

(1) *Vostrognutov G. N.*, Tehnica măsurării mărimilor electrice şi magnetice.
(2) *Lvov M. A.*, Aparate pentru măsurarea temperaturilor în industria metalurgică.
(3) (***) : Lucrările celei de a doua Secţiuni a Congresului Internaţional de Electricitate, Paris, 1932.
(4) *Suşchin* : Microscopul electronic.
(5) *Arutiunov* : Calculul şi construcţia instrumentelor electrice de măsurat.

★

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ГАЛЬВАНОМЕТРОВ

Резюме

Восстановление измерительных электрических приборов метрологической сети, является одной из главных задач Метрологического Института и представляет собой актуальный вопрос, в котором заинтересованы в широкой мере промышленость, которая пользуется этими приборами для контроля их производства.

★

INDEPLINIREA RITMICĂ A PLANULUI DE PRODUCȚIE

Ing. L. MARCOVICI

Problema îndeplinirii ritmice a planului de producție este una din preocupările de seamă ale întreprinderilor industriale socialiste. In prezentul articol se studiaza importanța obținerii unui ritm uniform de producție, modul de calculare al acestuia și factorii principali care permit obținerea unui ritm uniform de producție, în special lucrul după grafic și lucrul pe bandă.

In economia socialistă principala sarcină a întreprinderilor este îndeplinirea și depășirea prevederilor planului de Stat și în primul rând a sarcinilor de producție.

Planul de producție este cea mai importantă secțiune a planului de Stat; ea stabilește atât *volumul* producției prevăzute a fi produsă, cât și *sortimentele* și *calitatea* respectivă. Atenția întreprinderilor este îndreptată în primul rând spre realizarea acestor sarcini.

Deoarece sarcinile anuale de producție sunt defalcate pe trimestre, iar în cadrul fiecărui trimestru pe luni, urmărirea îndeplinirii acestora se accentuează către sfârșitul perioadei planificate (lună sau trimestru), fapt care provoacă o oarecare neuniformitate în ritmul procesului de producție. Astfel, la începutul perioadei planificate se manifestă o anumită ,,încetineală'' în producție, în timp ce către sfârșitul aceleiași perioade se constată un ,,asalt'' și o accelerare a ritmului de producție.

Neuniformitatea în ritmul procesului de producție influențează în mod negativ asupra tuturor indicilor activității întreprinderilor și a economiei naționale în totalitatea ei. Această neuniformitate în producție are drept urmare o utilizare incompletă a capacităților de producție, o uzură mai rapidă a mașinilor și instalațiilor, mărirea consumurilor specifice de materii prime, materiale, combustibil și energie electrică și, ca urmare, sporirea prețului de cost. De multe ori în perioadele de lucru în ,,asalt'' procesele tehnologice stabilite nu sunt respectate, contribuind astfel la scăderea calității produselor.

Indeplinirea uniformă, ritmică, a planului de producție, fără întreruperi și ,,asalturi'', constitue unul din cei mai importanți factori de folosire cât mai completă a resurselor de producție, de reducere a prețului de cost și de creare a condițiilor necesare îmbunătățirii tuturor indicilor planului de Stat.

Obținerea unei producții ritmice influențează favorabil atât în privința folosirii *mijloacelor fixe* ale întreprinderilor (mașini, instalații, utilaje, clădiri, etc.), cât și a celor *circulante* (materii prime, materiale auxiliare, combustibil și energie electrică). Prin acest mod de producție se obține o respectare mai severă a proceselor tehnologice, a standardelor și a normelor interne de calitate, contribuind astfel la livrarea unor produse de o calitate superioară.

Necesitatea obținerii unei producții ritmice a fost exprimată în mod limpede de rezoluția Conferinței a XVIII-a unionale a P.C. (b) al Uniunii Sovietice, care a arătat precis ce se înțelege prin o producție ritmică și uniformă.

„A lupta pentru îndeplinirea planului, a asigura îndeplinirea planului, a lucra după plan, aceasta înseamnă :

a) a îndeplini planurile de producție anuale, trimestriale și lunare, nu în medie cum s'a făcut până în prezent, ci uniform, după plan, după graficul de fabricare a producției finite, elaborat dinainte ;

b) a îndeplini planul, nu numai în medie, pe ramură industrială, cum s'a făcut până în prezent, ci a-l îndeplini pe fiecare întreprindere în parte ;

c) a îndeplini planul, nu numai în medie pe întreprindere, cum s'a făcut până în prezent, ci a-l îndeplini în fiecare zi, în fiecare atelier, în fiecare brigadă, la fiecare mașină și în fiecare schimb ;

d) a îndeplini planul nu numai după indicii cantitativi, ci neapărat și după cei calitativi, în mod complet, după sortiment, cu respectarea standardelor stabilite și la prețul de cost stabilit în plan''.

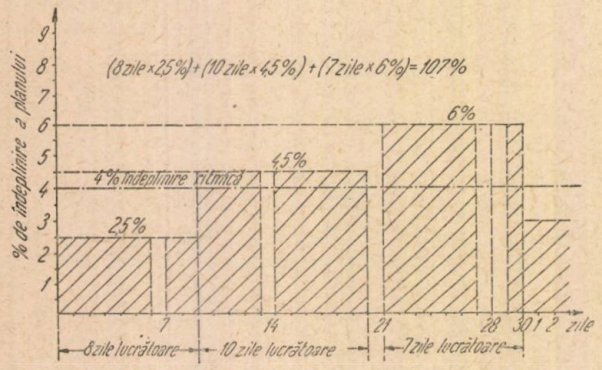
Din aceste indicații prețioase rezultă că una din condițiile de bază pentru obținerea unei producții ritmice este organizarea unei activități planificate și ritmice pe fiecare loc de lucru, în fiecare verigă a procesului de producție. Numai lansarea planificată a pieselor în fabricație, precum și funcționarea uniformă a tuturor sectoarelor de producție pot asigura executarea ritmică a producției finite, permițând îndeplinirea sarcinilor planului de Stat. In această privință un însemnat rol îl joacă *planificarea operativă a producției*, care reprezintă continuarea și adâncirea planificării în interiorul întreprinderilor.

Indeplinirea ritmică a planului de producție ridică problema măsurării acestei ritmicități. Sunt mai multe metode pentru stabilirea unui indice care să redea gradul de uniformitate al producției. In Uniunea Sovietică cel mai răspândit indice care redă ritmicitatea producției este cel stabilit în felul următor :

O întreprindere căreia i s'a stabilit un plan lunar de 100% lucrează în luna respectivă 25 zile lucrătoare. Pentru a obține o producție ritmică ea trebue deci să îndeplinească zilnic $\frac{100\%}{25} = 4\%$ din planul lunar. Să presupunem că întreprinderea respectivă și-a îndeplinit însă sarcina de producție astfel : în primele 8 zile a executat zilnic 2,5% din planul lunar, următoarele 10 zile 4,5 %, iar în ultimele 7 zile, lucrând cu ,,asalt'', a îndeplinit zilnic 6% din planul lunar. Planul lunar a fost deci îndeplinit în proporție de 107%. La aprecierea uniformității nu se ține seama de depășirea sarcinii zilnice de plan (4%).

Vom avea deci: (8 zile × 2,5%) + (10 zile × × 4%) + (7 zile × 4%) = 88%. Media zilnică a îndeplinirii planului este de $\frac{88\%}{25 \text{ zile}} = 3{,}5\%$, iar coeficientul de uniformitate este 3,5%/4% = 87%.

Se vede clar că în cel mai bun caz, atunci când sarcina zilnică este îndeplinită sau depăşită în fiecare zi, acest coeficient poate atinge valoarea de 100%.



Un alt coeficient care indică ritmicitatea producţiei realizate este acela rezultat din raportul dintre media valorii (volumului de muncă) producţiei executate în fiecare fracţiune de timp din perioada considerată şi valoarea (volumul de muncă) producţiei executate în fracţiunea de timp cu producţia cea mai mare din aceeaşi perioadă considerată.

Problema obţinerii unei producţii ritmice şi uniforme constitue o preocupare şi pentru întreprinderile şi ministerele din ţara noastră.

In această privinţă s'au obţinut importante succese, majoritatea întreprinderilor izbutind să obţină un grad de ritmicitate mulţumitor. Totuşi în unele cazuri anumite întreprinderi din industria metalurgiei prelucrătoare, electrotehnică, etc. mai practică lucrul în asalturi.

Ţinând seama de importanţa obţinerii unui ritm uniform de producţie, Hotărîrea Consiliului de Miniştri al R.P.R. şi a C.C. al P.M.R. privind măsurile necesare pentru consolidarea succesului reformei băneşti din 7.III.a.c., prevede: „Ministerele, instituţiile şi organizaţiile economice centrale vor lua măsuri imediate pentru îndeplinirea şi depăşirea ritmică a planului de producţie, zilnic, săptămânal şi lunar, înlăturând „asalturile" de sfârşit de lună sau de trimestru şi orele suplimentare. In felul acesta se va realiza utilizarea raţională a forţelor de muncă şi se vor face economii, evitându-se uzajul prea timpuriu al maşinilor, utilajului, agregatelor, risipa de materii prime, combustibil şi alte cheltuieli ce măresc în mod nejustificat preţul de cost al producţiei".

In cele ce urmează, vom examina pe scurt principalele căi şi metode pentru obţinerea unei producţii ritmice şi uniforme.

1. Cel mai simplu mijloc pentru obţinerea unui ritm uniform de producţie este *justa şi raţională organizare a proceselor de aprovizionare, producţie şi desfacere*, organizare legată de introducerea unor măsuri tehnico-organizatorice adecuate. Dintre aceste măsuri menţionăm:

a) *Aprovizionarea* la timp a întreprinderilor şi locurilor de lucru cu materii prime, materiale, semifabricate, combustibil şi energie electrică. Aceasta este o măsură eficace care permite o uniformă realizare a planului de producţie.

In industria energiei electrice pe primul plan stă aprovizionarea în timp cu combustibil. Această problemă este însă în general rezolvată deoarece majoritatea întreprinderilor au depozite de combustibil ce le permit o funcţionare neîntreruptă.

In cazul cooperării între diferitele ateliere şi secţii ale unei întreprinderi, ca şi în cazul cooperării între diferite întreprinderi, este necesar ca acestea să respecte termenele şi condiţiile de livrare stabilite.

In industria electrotehnică, unde produsele constau din destul de multe părţi şi repere, problema cooperării este de primă importanţă. Livrarea materialelor de către întreprinderile furnizoare la termenele stabilite şi în sortimentul şi calitatea prevăzută în contractele economice are o deosebită importanţă pentru asigurarea unei activităţi ritmice a întreprinderilor. Contractele economice constituie o pârghie puternică pentru îndeplinirea şi depăşirea sarcinilor de plan. Orice nerespectare a termenelor de livrare crează greutăţi în procesul de producţie cauzând „asalturi" la finele lunii sau trimestrului respectiv. Nelivrarea în termen a materiilor prime şi semifabricatelor către uzinele prelucrătoare se răsfrânge mai departe şi asupra altor fabrici şi uzine care aşteaptă produsele industriei prelucrătoare şi care nu-şi pot îndeplini din această cauză planul de producţie.

b) *Planificarea* reparaţiilor preventive este o condiţie indispensabilă pentru asigurarea unui ritm uniform de producţie.

Prin reparaţii preventive planificate se înţelege un sistem de lucrări de întreţinere, control şi reparaţii, care se execută la anumite perioade, având drept scop preîntâmpinarea creşterii progresive a uzurii, prevenirea avariilor şi asigurarea menţinerii calităţilor necesare de exploatare ale utilajului. Reparaţiile preventive planificate cuprind următoarele grupe de lucrări: întreţinerea şi controlul curent; revizii şi verificări; reparaţii curente; reparaţii capitale.

Neexecutarea în termenele prevăzute a reparaţiilor planificate ale utilajului poate cauza uzura înainte de termen a maşinilor şi instalaţiilor, opriri accidentale care duc la nerealizarea planului de producţie şi la un ritm neuniform de lucru.

c) *Justa dimensionare şi organizarea corespunzătoare a atelierelor pregătitoare* (modelărie, scularie, matriţerie), contribue la introducerea unui ritm uniform de producţie. De multe ori „asalturile" de lucru provin din o insuficientă capacitate de producţie a acestor ateliere pregătitoare. Unele neajunsuri în organizarea acestora pot fi compensate prin crearea de stocuri, totuşi acest

fapt atrage după sine imobilizarea unor importante mijloace circulante.

Atelierele pregătitoare trebue să fie astfel dimensionate şi organizate încât să poată asigura aprovizionarea suficientă şi la timp a atelierelor de bază.

d) *Organizarea raţională a circulaţiei semifabricatelor* şi buna funcţionare a magaziilor de atelier asigură deasemenea uniformitatea livrării produselor finite.

e) *Introducerea unui ritm uniform de lucru* în industria energiei electrice se traduce prin obţinerea unei curbe de sarcină cât mai aplatisată. Aceasta se obţine prin o serie de măsuri tehnico-organizatorice speciale, ca decalarea în timp a principalilor consumatori, reducerea anumitor consumuri în orele de vârf, decalarea pornirii simultane a motoarelor, etc.

In planul de Stat aplatisarea curbei de sarcină apare ca o importantă sarcină, fiind exprimată prin raportul între puterea medie şi puterea la vârf medie. Cu cât acest raport este mai aproape de unitate, cu atât curba este mai aplatisată, puterea instalată a uzinei fiind mai bine utilizată, obţinându-se astfel un ritm uniform de producţie, a energiei electrice.

2. Principalul mijloc pentru asigurarea unui ritm uniform de producţie este *introducerea lucrului după grafic*. Aceasta evită neuniformitatea ritmului de producţie, obţinându-se o creştere a producţiei şi a productivităţii muncii şi o mai bună folosire a mijloacelor fixe şi circulante ale întreprinderilor. Lucrul după grafic permite o planificare mai raţională a programului de producţie, asigurând o urmărire lesnicioasă a mersului producţiei. Prin organizarea procesului de producţie pe baza de grafic se asigură o coordonare eficace între procesele de bază şi cele auxiliare. Economia socialistă, spre deosebire de cea capitalistă, permite coordonarea proceselor de producţie atât în cazul întreprinderilor cât şi între mai multe întreprinderi care cooperează între ele. In Uniunea Sovietică lucrul după grafic a devenit o metodă obişnuită de muncă.

Planul Cincinal de desvoltare a economiei naţionale a Republicii Populare Române pe anii 1951—1955, prevede ca o sarcină importantă pentru întreprinderile noastre ,,organizarea şi conducerea muncii pe bază de grafice de producţie, creindu-se astfel în întreprinderi condiţiile necesare pentru asigurarea unei producţii ritmice uniforme, cu o dinamică crescândă, care să înlăture neuniformitatea în producţie, încetineala la începutul perioadei şi ,,asaltul'' la sfârşitul ei''.

Lucrul după grafic este o metodă de programare şi de urmărire a sarcinilor de plan, de obicei al sarcinilor de producţie, în care se indică executantul operaţiei (atelierul, secţia, etc.), data începerii şi terminării operaţiei respective. In unele cazuri se indică şi sarcina de îndeplinit pe o anumită perioadă (lună, zi, schimb, oră). Graficul poate fi reprezentat fie sub formă de tabel, fie sub forma de diagramă (grafic).

Graficul este acea reprezentare a sarcinilor de plan în care fiecare tabel numeric devine un îndrumător detailat care indică unde, cum şi în ce perioade trebue să fie realizată sarcina de plan. Esenţa organizării lucrului după grafic constă în organizarea tehnologiei fabricării produselor, împărţirea lucrului în operaţii simple şi stabilirea duratei fiecărei operaţii.

Pentru introducerea lucrului după grafic sunt necesare o serie de condiţii prealabile, dintre care mai importante sunt următoarele:

— stabilirea caracteristicelor tehnice ale produsului;

— studierea procesului tehnologic şi descompunerea lui în operaţiuni simple;

— stabilirea duratei fiecărei operaţii;

— pregătirea aprovizionării cu materiale, scule, etc.

Lucrul după grafic asigură o coordonare între diferitele procese care compun procesul de producţie. Astfel el coordonează procesul de aprovizionare şi procesul de livrare cu procesul tehnologic de fabricaţie, determinând în acelaşi timp şi viteza de producţie. Factorul hotărîtor care determină viteza de producţie ale tuturor sectoarelor este operaţia agregatului principal. In industria siderurgică, la furnale, graficul se întocmeşte ţinând seama de timpul necesar pentru elaborarea şarjelor de fontă şi de durata operaţiilor de turnare a fontei; în funcţie de aceste operaţii se determină durata celorlalte operaţii secundare. In industria construcţiilor de maşini şi electrotehnică principalul factor care determină ritmul de producţie este viteza operaţiei de montaj; pe baza acesteia se stabileşte ritmul muncii în secţiile auxiliare şi de pregătire (modelărie, turnătorie, ateliere mecanice, etc.).

Dacă într'o fabrică de produse electrotehnice, pentru fabricarea unui produs sunt necesare a fi executate 4 operaţii: turnare, strunjire, tratament termic şi montare, atelierele de turnare, strunjire şi de tratament termic vor trebui să livreze atelierului de montaj piesele respective într'un astfel de ritm încât acesta să aibă asigurat un ritm continuu de lucru.

Pe baza sarcinilor de plan prevăzute pentru perioada respectivă, fiecare atelier primeşte partea de sarcină ce-i revine din graficul general. Pe baza acesteia, fiecare atelier îşi elaborează propriul său grafic de intrări şi eşiri de materii prime şi semifabricate.

Rolul aplicării şi stabilirii sarcinilor pe fiecare atelier sau secţie cade în atribuţia serviciilor de planificare şi de pregătire a lucrului.

Lucrul după grafic scoate în evidenţă sectoarele unde se manifestă ,,locuri înguste'', arătând necesitatea luării de măsuri care să ducă la eliminarea acestei deficienţe. Deaceea, în timpul desfăşurării procesului de producţie este necesar a se face anumite corectări la graficele de producţie, pentru a se pune în concordanţă diferitele sectoare, înlăturându-se eventualele disproporţii ce s'ar putea ivi.

Toate aceste atribuţii cad în sarcina dispatcherului şef care conduce îndeplinirea ritmică a planului de producţie pe baza graficului. Controlul împlinirii zilnice a planului de producţie se reali-

zează prin obținerea dela fiecare atelier a unor situații (tabele) sintetice, din care rezultă mersul îndeplinirii planului.

In general, graficul se întocmește pentru o perioadă de timp relativ mare — trimestru, lună, decadă, săptămâni, zi.

In ultimul timp însă, în Uniunea Sovietică a început să se introducă *graficul orar*. Acesta mărește în mod considerabil rolul graficului în obținerea unei producții ritmice, putându-se lua măsuri imediate care să restabilească uniformitatea ritmului de producție.

Introducerea graficului orar necesită însă o pregătire mai amănunțită a aprovizionării și a lansării pieselor în fabricație.

In industria electrotehnică introducerea graficului orar este recomandabilă în special în fabricile de becuri, de piese de radio, de aparate de măsură, etc. Actualmente în Uniunea Sovietică se caută ca graficul să fie întocmit pe baza unor *norme înaintate*, iar nu pe anumite norme medii, atinse deja de majoritatea întreprinderilor. Astfel întocmit, graficul poartă denumirea de *grafic progresiv*. Acesta ridică la un nivel și mai înalt organizarea procesului de producție, asigurând o sporire simțitoare a productivității muncii. Introducerea unui grafic progresiv, bazat pe anumite norme înaintate, impune o pregătire serioasă și amănunțită a producției, precum și o aprovizionare regulată.

In cazul cooperării, îndeplinirea ritmică a planului de producție cu ajutorul lucrului după grafic depinde nu numai de graficul de producție al întreprinderii respective, ci și de coordonarea acestuia cu lucrul întreprinderilor cu care se cooperează.

3. Principala cale pentru obținerea unei producții ritmice este *trecerea la producția pe bandă*. In special, combinarea lucrului după grafic cu metoda de lucru pe bandă reprezintă cel mai perfecționat sistem de lucru care asigură o uniformitate riguroasă a ritmului de producție. Graficul întreprinderii se sprijină pe munca la bandă rulantă.

Această metodă înaintată de lucru este recomandabilă în primul rând în cazul producției în massă sau în serii mari, putând însă fi aplicată și în cazul unei producții de serii mijlocii sau mici. Metoda lucrului pe bandă se caracterizează prin un ciclu de confecționare a pieselor, unde lucrătorii și mașinile sunt repartizate în spațiu în conformitate cu mersul procesului tehnologic. Forma superioară a lucrului pe bandă o constitue lucrul la bandă rulantă, unde transmiterea pieselor dela o operație la alta se face mecanic, de către bandă, care se mișcă cu o anumită viteză.

Elementele esențiale care caracterizează producția pe bandă sunt următoarele:

— Repartizarea lucrătorilor, mașinilor și instalațiilor trebue să fie făcută în conformitate cu desfășurarea normală a procesului tehnologic.

— Piesa care se prelucrează este transmisă imediat dela o operație la alta; în acest mod se înlătură complect acumularea de piese. Prin faptul că piesele sunt prelucrate imediat, fără opriri sau întreruperi prea mari, ciclul de fabricație este mult scurtat.

— Coordonarea productivității diferitelor locuri de muncă.

— Fixarea unei anumite operații pentru fiecare loc de muncă.

Toate aceste caracteristice ale producției pe bandă sunt strâns legate între ele și se condiționează reciproc. Rezultatele trecerii la lucrul pe bandă se traduc prin îmbunătățirea indicilor sintetici ai activității secției sau întreprinderii și anume: productivitatea și prețul de cost.

Noțiunea de *ritm* este specifică producției pe bandă. In acest caz trebue deosebit *ritmul mediu* care este caracteristic bandei de lucru și produselor ce rezultă de pe bandă, de *ritmul de lucru* care este specific unei anumite operații.

De exemplu, ritmul mediu cu care ies produsele de pe o bandă este de 5 minute. Durata unei operații este de 8 minute; această operație ss execută simultan la două locuri de lucru. Aceasta înseamnă că la fiecare 8 minute se livrează câte 2 produse, deci pe fiecare produs va reveni în medie $8 : 2 = 4$ min/buc. Acesta va fi ritmul de lucru la operația respectivă.

Ritmul mediu și cel de lucru sunt mărimi strâns legate între ele. Pentru a se obține un ritm mediu continuu și uniform este necesar ca fiecare loc de lucru să lucreze într'un ritm determinat, care trebue să fie egal sau un multiplu al ritmului mediu de fabricare a produselor finite, ritm care rezultă din raportul între fondul calendaristic al timpului de lucru al uzinei și numărul de produse fabricate în acest timp. Principala problemă care se pune aci este coordonarea tuturor ritmurilor de lucru ale operațiilor respective cu ritmul mediu de executare a montării produsului finit. Modificarea ritmurilor de lucru se obține prin schimbarea regimurilor de așchiere, folosirea de dispozitive speciale, sporirea numărului de locuri de lucru, etc.

In cazul în care fabricarea pieselor și subansamblelor se realizează în ritmul montării mașinilor, avem o producție pe bandă cu fabricație continuă; în cazul în care această condiție nu este satisfăcută, pot avea loc diferite forme intermediare de lucru pe bandă și ritmic, cu o fabricație de piese în loturi. Mărimea lotului este determinată în mare măsură de timpul necesar reglării din nou a mașinilor. Cu cât se cere mai mult timp pentru o nouă reglare a utilajului, cu atât este necesar a se lucra în loturi mai mari, pentru a se micșora numărul reglărilor ce revin pe fiecare interval de timp.

Pe de altă parte, mărirea lotului peste o anumită limită, duce la o mărire a ciclului de fabricație, la mărirea producției neterminate și la o imobilizare a fondurilor de rulment; de aceea, determinarea mărimii lotului este una din cele mai importante probleme în domeniul lucrului în serie.

Problema introducerii lucrului pe bandă în întreprinderile din țara noastră, constitue o preocupare importantă. Multe din întreprinderile din industria construcțiilor de mașini și electro-

tehnică au trecut la această formă superioară de producţie.

In industria electrotehnică, lucrul pe bandă este introdus la fabricarea contorilor, a aparatelor de măsură, a pieselor şi aparatelor de telecomunicaţii, etc.

Planul de Stat pe 1952 prevede sarcini precise cu privire la extinderea lucrului pe bandă şi a lucrului după grafic, în scopul de a se obţine un ritm uniform de producţie.

Bibliografie

Teplov G. V., Planificarea în uzinele de construcţii de maşini. Editura de Stat, 1952.

(***) Planificarea operativă a producţiei. Ed. Stat 1952.

Contorovici V., Planul tehnic, industrial şi financiar al unei întreprinderi industriale. Ed. Stat, 1949.

Kameniter, Planificarea unei întreprinderi industriale socialiste. Ed. Stat, 1952.

Arachelian A., Rezervele întreprinderilor în slujba planului cincinal. Ed. C.G.M., 1949.

Revistele „Probleme Economice", 1952, etc.

★

РИТМИЧЕСКОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА

Резюме

Вопрос ритмического выполнения производственного плана является одной из важнейших забот социалистических промышленных предприятий.

В настоящей статье исследуется значение достижения однообразного ритма производства, способ его калькуляции и главные факторы, которые делают возможным достижение однообразного ритма производства и, в особенности, работу по графику и работу на ленте.

★

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

STAŢII ŞI CELULE DE DISTRIBUŢIE DE INALTĂ TENSIUNE TIP INCHIS DE 35 kV ŞI DE 110 kV

Proiectarea staţiilor de distribuţie de înaltă tensiune prezintă o mare diversitate. Pentru fixarea soluţiei, pentru scurtarea timpului necesar proiectării, pentru asigurarea unor soluţii judicioase şi pentru eliminarea dibuirilor, proiectantul trebue să recurgă la ultimele concluzii ale vastei experienţe a tehnicei sovietice. Pe linia îndeplinirii măreţelor sarcini trasate prin Planul de Electrificare a ţării, la care I. P. S. R. — Institutul de Proiectare al S. A. „Sovromconstrucţii", — contribue prin proiectarea unor centrale termoelectrice, proiectare în care este larg folosită experienţa electro-tehnicienilor sovietici, se arată o serie din concluziile inginerului sovietic L. I. Dvoskin, privind celulele de distribuţie de 35 kV *şi* 110 kV.

Proiectarea staţiilor de distribuţie de înaltă tensiune, dependentă şi influenţată de marea varietate a aparatajelor produse, prezintă o diversitate derutantă.

Graţie măreţelor şi nenumăratelor lucrări proiectate şi executate în acest domeniu şi datorită vastei experienţe câştigată — experienţă concretizată în articole, studii, broşuri, tratate, prescripţii, etc. — tehnica sovietică, pune azi la dispoziţie nu numai aparataj de calitate superioară, ci şi o înaintată tipizare a staţiilor.

Numeroasele construcţii noi de staţii şi substaţii în cadrul primului nostru Plan Cincinal impun şi tipizarea reţelelor electrice de alimentare, prin alegerea celor mai raţionale soluţii, printre altele una din problemele cele mai importante o constitue şi instalaţia de distribuţie, prin fundamentalele exigenţe pe care trebue să le satisfacă instalaţiile de distribuţie prezente. Siguranţa de funcţionare a tuturor unităţilor instalaţiilor, îngrijirea lor sigură precum şi a construcţiilor cât mai economice, cu posibilităţile executării lor prin metode industriale în termen cât mai scurt.

Funcţionarea instalaţiilor de distribuţie se asigură prin alegerea cât mai judicioasă a aparatajelor electrice, a barelor şi izolatorilor, prin exploatarea comodă şi cu posibilitatea localizării rapide a avariilor, în cazul când ele s'ar ivi. Condiţiile cele mai favorabile pentru inspectarea şi întreţinerea instalaţiei de distribuţie interioară ar fi când acestea s'ar efectua înăuntrul clădirilor din culoarele interioare de serviciu, având o luminozitate de zi. Deasemenea iluminatul poate fi asigurat numai prin culoare situate pe lângă pereţii exteriori, iar cât priveşte culoarele din mijlocul instalaţiei interioare de distribuţie, ele ar putea fi iluminate numai artificial. Practica ne arată că ferestrele staţiilor de distribuţie prezintă mari inconveniente, prin îngrijirile ce trebuesc date geamurilor, de pe care trebue să îndepărtăm regulat umezeala formată, prin condensările în perioada de toamnă şi primăvară, sau în cazul când ne aflăm în regiuni industriale cu mult praf, unde prin depunerea acestuia, iluminarea scade şi ne obligă la întreţinerea lor. Majoritatea instalaţiilor de distribuţie interioară, fără

personal permanent, ca, spre exemplu, punctele de distribuţie ale oraşelor mari, se execută fără ferestre. Asupra acestei probleme sunt diferite păreri în această privinţă, precum sunt divergenţe şi în ceeace priveşte localizarea avariilor. Trebue să avem grijă ca instalaţiile de distribuţie interioară, în cazul când ar naşte arcuri voltaice, provenind dela perforările izolatorilor sau ale capetelor terminale, să aibă un efect destructiv cât mai puţin asupra aparatajelor, iar funinginea provenită dela izolaţiile arse, sau vapori metalici, să nu ajungă la reţelele învecinate nedeteriorate, — rezultatul cel mai bun ar putea fi atins din acest punct de vedere, dacă fiecare aparat ar fi instalat într'o cameră complet izolată, însă instalaţia ar fi prea complicată, scumpă şi legată de mari investiţii şi manoperă, din care cauză s'a ales o altă cale.

laţiile de distribuţie de 6—10 kV, având oarecum aceeaşi schemă de execuţie. Natural că datorită tensiunii mai înalte, dimensiunile exterioare ale instalaţiei şi diferenţa între conductorii diferitelor faze vor fi mai mari la instalaţia de distribuţie de 35 kV faţă de celulele de 6—10 kV. Construcţiile cele mai răspândite ale instalaţiilor de distribuţie de 35 kV au două sisteme de bare colectoare, cu un singur întrerupător de reţea, fără bobină de reactanţa pe linii. Numai în cazul uzinelor electrice recente din oraşele mari cu o reţea de alimentare de 35 kV, apare ca necesară instalarea unor bobine de reactanţă pentru limitarea curentului de scurt-circuit. Intrerupătorii cu care se prevăd instalaţiile de tipul arătat au puterea maximă de declanşare de 400—1000 mii kVA.

Barele colectoare în instalaţiile de tipul arătat, au o dispoziţie orizontală (fig. 1) sau în triunghi

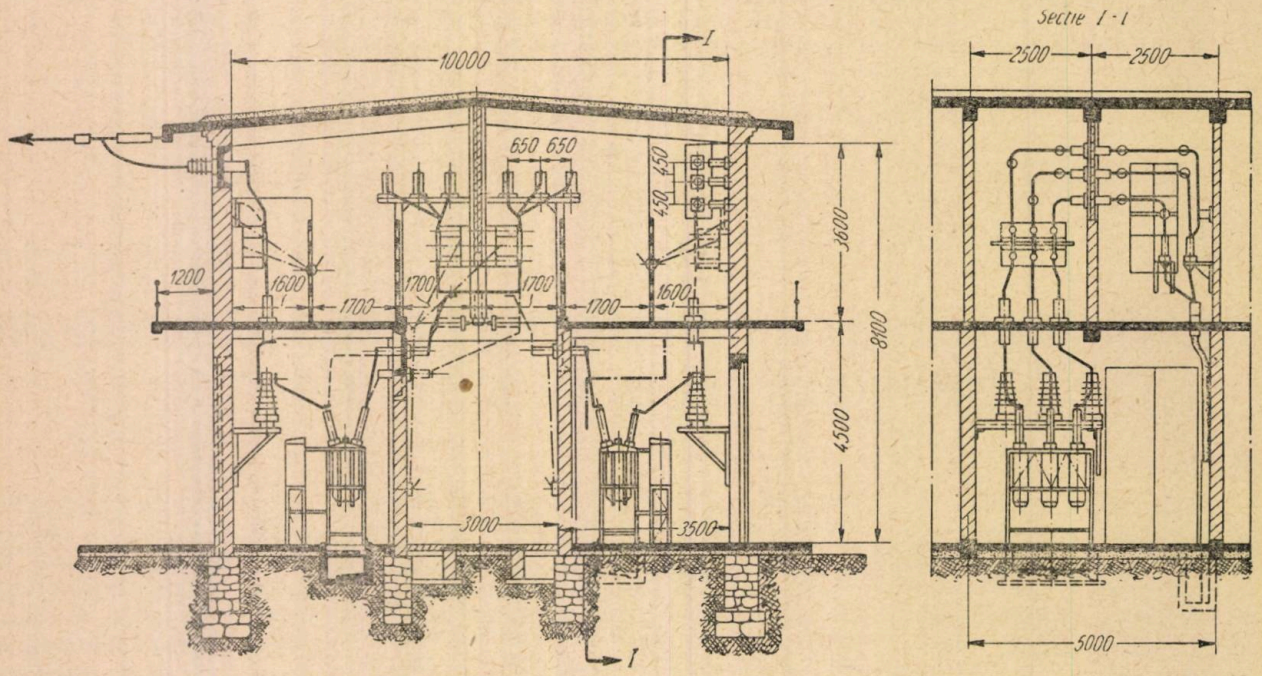


Fig. 1. Celula de distribuţie de tip interior, de 35 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare.

Barele colectoare, separatorii, întrerupătorii cu ulei puţin, separatorii de linii şi capetele terminale sunt aşezate în cameră deschisă încadrate cu plasă de sârmă şi numai întrerupătorii cu ulei mult se aşează în camere închise, asigurând astfel o supraveghere cât mai bună.

Scopul urmărit este în alegerea soluţiei celei mai raţionale ale diferitelor tipuri de instalaţii de distribuţie şi în a trasa drumul ce trebue să urmeze perfecţionarea construcţiilor şi a echipamentelor instalaţiilor de distribuţie.

Una din problemele actuale ar fi aceea a celulelor de tensiune închise de 35 kV şi 110 kV, pe care o vom trata după concluziile ing. sovietic L. I. Dvoskin, în scopul de a procura proectanţilor de acest gen de lucrări, o uşurare în fixarea soluţiilor şi a scurta timpul necesar proectării.

CELULELE DE DISTRIBUŢIE INCHISE DE 35 kV

Coordonarea generală a instalaţiilor de distribuţie de 35 kV, principial diferă puţin de instala-

(fig. 2). Diferenţa între faze se ia în mod normal egală cu 450—500 mm, montându-se izolatorii de susţinere la interval de 2,5—3 m. Această diferenţă este suficientă pentru un curent de şoc la scurt-circuit până la 50 kV. Separatorii barelor colectoare se montează fie direct dedesubtul barelor (fig. 1), sau dedesubtul separatorilor izolatorilor de trecere ce despart aceşti separatori de barele colectoare (fig. 2).

A doua soluţie se aplică la instalaţiile mai mari şi mai importante. Separatorii barelor colectoare sunt comandaţi din sala centrală de comandă prin ajutorul unor transmisii manuale dela distanţă. Pentru a se putea observa poziţia separatorilor se prevăd deschideri speciale în planşeu.

La prima instalaţie (din anul 1925) întrerupătoarele în ulei erau montate într'o sală comună cu restul aparatelor ca şi la instalaţiile de distribuţie similare de 110 kV (fig. 6), iar în asemenea caz, dacă întrerupătorul explodează,

întreg utilajul se acoperă cu funingine, scoţând pentru un timp îndelungat din funcţiune întreaga instalaţie.

In urma experienţei obţinute în exploatare şi în conformitate cu regulamentul în vigoare asupra măsurilor de prevenire a incendiilor, întrerupătorii în ulei de 35 kV din celulele de distribuţie, se montează în mod exclusiv în camera aşa zisă de explozie. Instalaţia de distribuţie tip interior cu un singur rând de întrerupători este arătată în fig. 2. In cazul când numărul liniilor de plecare este mare, spre a se micşora lungirea clădirii, se pot utiliza instalaţii cu două rânduri de întrerupători (fig. 1). In cazul acesta întrerupătorii se conectează cu barele colectoare în formă de şah.

Intrucât numărul circuitelor în instalaţiile de 35 kV au deobicei relativ redusă conectarea în formă de şah, la asemenea instalaţii poate fi considerată ca raţională, spre deosebire de instalaţiile de distribuţie de 6—10 kV, la care datorită numărului mare de circuite acest fel de execuţie reduce foarte mult precizia montajului.

La instalaţiile interioare de 35 kV sistemul de camere de explozie nu şi-a prea găsit aplicaţie, deoarece amenajarea acestora din urmă scumpeşte considerabil costul clădirii; în schimb instalaţiile formate din 6—8 celule montate în exterior nu prezintă mari dificultăţi în exploatare.

Izolatorii de trecere dela exterior spre interior la instalaţiile cu întrerupători în ulei se montează deobicei la etaj, unde se montează şi separatorii de linii împreună cu transmisiile respective. Dispozitivul de acţionare al întrerupătorilor se montează în peretele celulei sau direct în celulă pe cadrul întrerupătorului, în funcţie de construcţia acestuia.

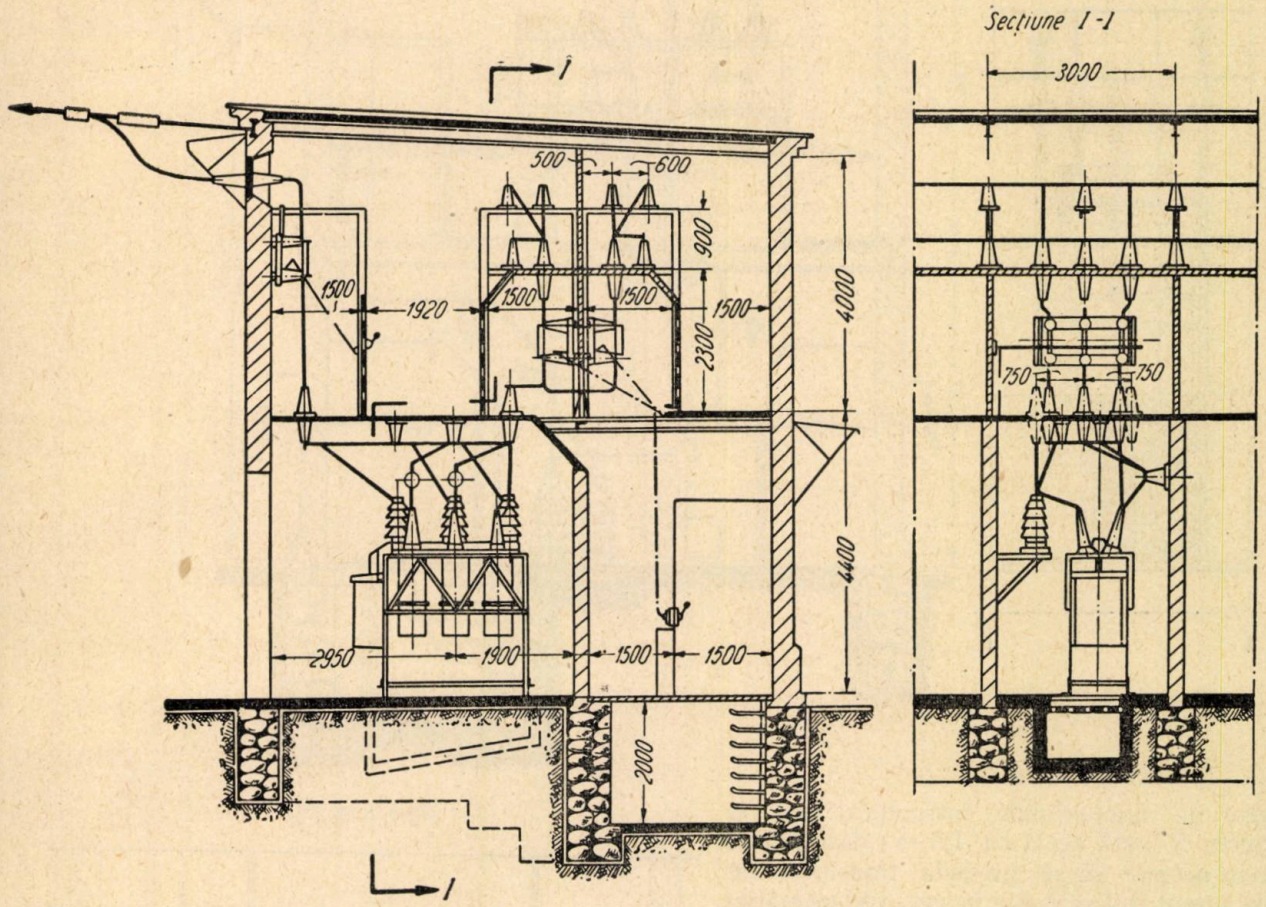
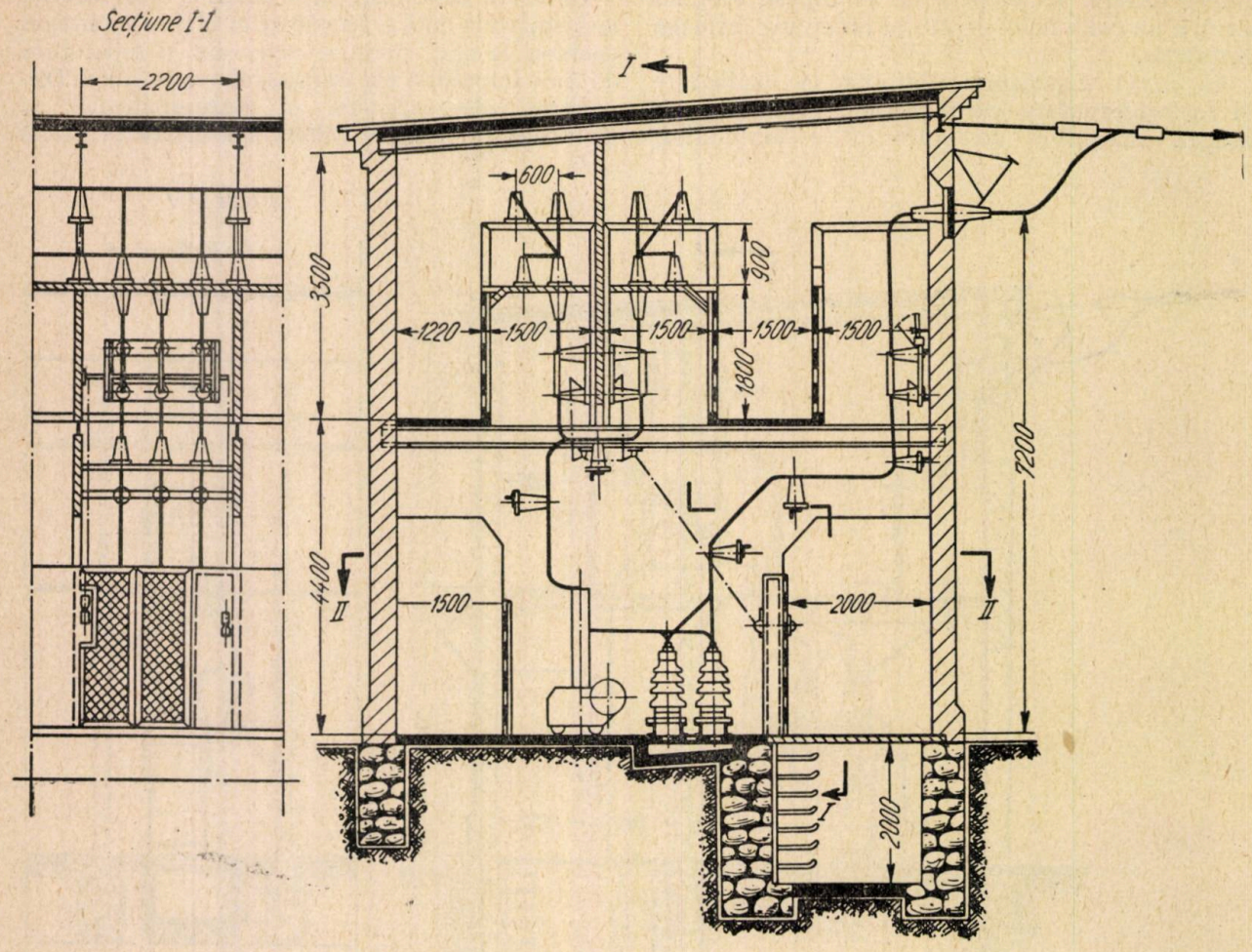


Fig. 2. Celula de distribuţie de tip închis, de 35 kV, cu un singur rând de întrerupători.

Intrerupătorii cu ulei puţin sau fără ulei se montează în camere deschise, deservite din coridoarele laterale, (fig. 3). Izolatorii de trecere din interior spre liniile aeriene se pot amenaja atât la etaj (fig. 3) cât şi la parter (fig. 4).

Comparând ultimele două sisteme constatăm că amenajarea izolatorilor „interior-exterior" la parter, dă o micşorare relativ mică a dimensiunilor exterioare ale clădirii. Afară de aceasta montarea separatorului de linie în camera întrerupătorului, implică luarea unor măsuri suplimentare, atât timp cât în unele cazuri este inadmisibilă punerea la pământ a liniei aeriene, spre exemplu, dacă dela această linie se alimentează o altă substaţie.

Deschiderea celulei şi lăţimea camerei pentru întrerupători în aer liber se determină modul de instalare al fiecărui transformator de curent în parte; asemenea întrerupători se aplică acolo unde nu există transformatori de curent plasaţi în cablul întrerupătorilor. Deschiderea celulei



față de dimensiunile întrerupătorului ar putea fi luată egală cu 1,8 m; dar fiindcă este necesar să se prevadă transformatori de curent separați, deschiderea trebue mărită până la 2,2 m, în cazul când transformatorii

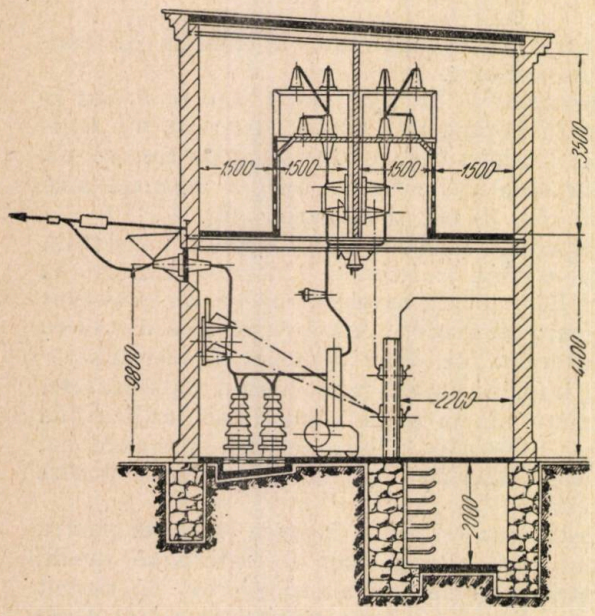


Fig. 4. Celula de distribuție format închis, de 35 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare, întrerupător fără ulei, cu izolator de ieșire, montați la parter; deschiderea celulei de 2,2 m.

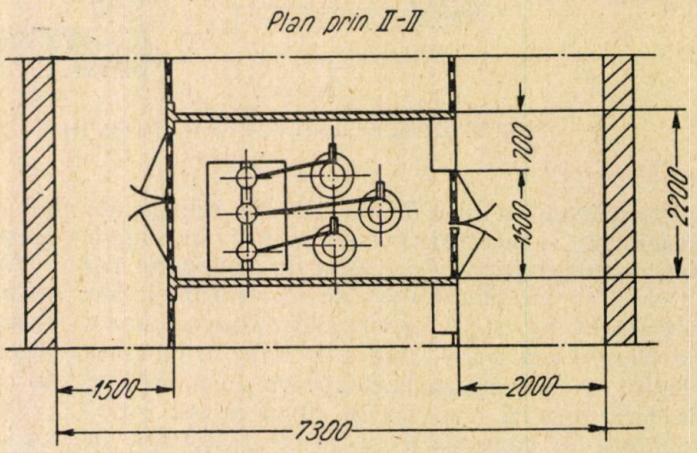


Fig. 3. Celula de distribuție format închis, de 35 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare și întrerupător fără ulei.

sunt dispuși în triunghi (fig. 3) și până la 2,7 m când aceștia sunt în rând (fig. 5). Dacă este posibil, să se monteze transformatorii în corpul izolatorilor de eșire, în care caz deschiderea celulei poate fi redusă până la 1,8 m.

In cazul când este necesară amenajarea în afară de izolatorii de ieșire pentru linia aeriană și a izolatorilor de trecere pentru cablul subteran, lățimea celulei trebuie să fie mărită (fig. 5). In partea frontală a camerelor se montează casetele („dulapurile") pentru comenzile locale ale între-

rupătorilor fără ulei. După ce în prealabil au fost introduse dispozitivele de acţionare pneumatice pentru acţionarea întrerupătorilor, în

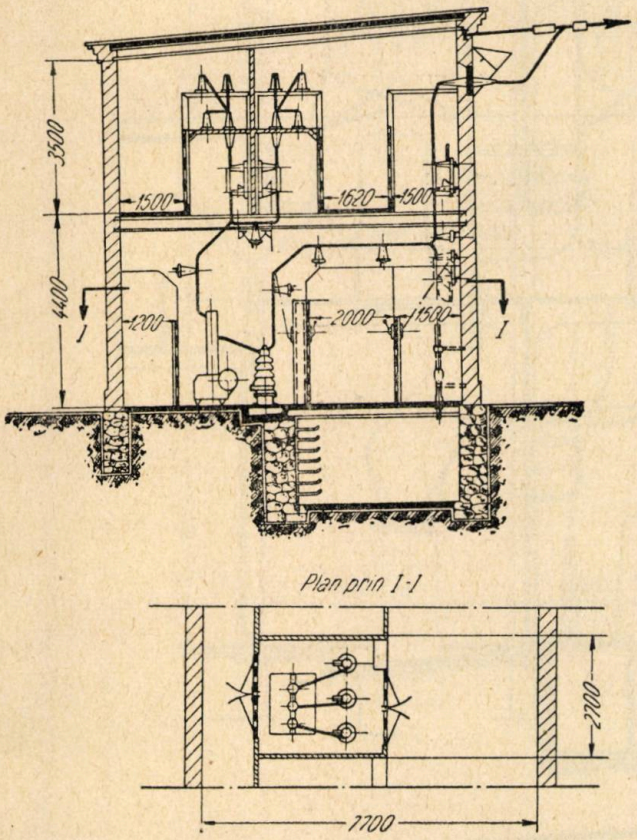


Fig. 5. Celula de distribuţie format închis, de 35 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare, cu izolatori de ieşire spre cablul subteran şi linia aeriană.

aceste dulapuri se vor monta şi aparatele de comandă locale ale întrerupătorilor. In aceste cazuri se fixează o schemă mnemonică (de execuţie) a instalaţiei pe peretele frontal al dulapului.

Cablurile de control se instalează în canale speciale din coridorul de comandă. In cazul întrerupătorilor fără ulei este raţional să se construiască un tunel în care se vor poza şi conductele de aer împreună cu cablurile de control. Pereţii despărţitori ai camerilor cu întrerupători fără ulei vor fi formaţi dintr'o carcasă metalică şi plăci de gipsolit.

Construcţiile instalaţiilor de distribuţie închise de 35kV, cu întrerupători fără ulei, construite de diferite firme capitaliste, diferă puţin de sistemul de construcţie complexă, admis în Uniunea Sovietică. Celulele de distribuţie închise de 35 kV se pot executa şi sub formă de instalaţii complexe.

Din sistemele descrise şi arătate prin tabloul de mai jos rezultă că utilizarea întrerupătorilor fără ulei permite mărirea siguranţei contra incendiilor, dând siguranţă mai mare de funcţionare a instalaţiei de distribuţie, reducând în acelaşi timp cheltuelile pentru construcţia clădirii.

Deschiderea celulei şi volumul clădirii monocelulare a instalaţiei de distribuţie de 35 kV cu 2 sisteme de bare colectoare, se poate concretiza astfel :

Nr. crt.	Denumirea	Fig.	Deschiderea celulei m	Volumul clădirii monocelulare m³
1	Celula de etaj cu întreruptători în ulei pe două rânduri	1	5,0 / 2,0 — 2,5	250
2	Idem, cu un singur rând de întrerupători . . .	2	3,0	234
3	Celulă compusă cu etaj cu un singur rând de întrerupători fără ulei . .	3	2,2	151

Deasemenea se recomandă ca celulele de distribuţie interioare de 35 kV să fie prevăzute cu întrerupători aerieni în toate cazurile când este posibilă procurarea acestora din urmă.

In cazul când este necesară montarea unor întrerupători în ulei se pot recomanda schemele arătate în fig. 1 şi fig. 2.

CELULELE DE DISTRIBUŢIE INTERIOARE DE 110 kV

Schema cea mai răspândită în Uniunea Sovietică a conexiunilor pentru celulele de distribuţie închise de 110 kV, este schema cu două sisteme de bare colectoare şi un singur întrerupător de reţea.

Intrerupătorii în ulei care au fost utilizaţi la primele celule de distribuţie închise de 110 kV, în Uniunea Sovietică erau montaţi într'o sală comună după cum s'a arătat în fig. 6. Defectele acestei scheme s'au arătat în paragraful I.

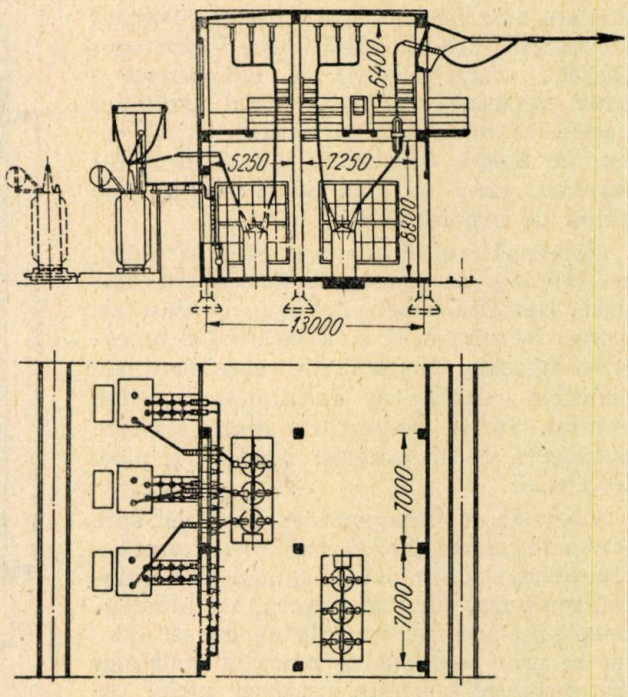
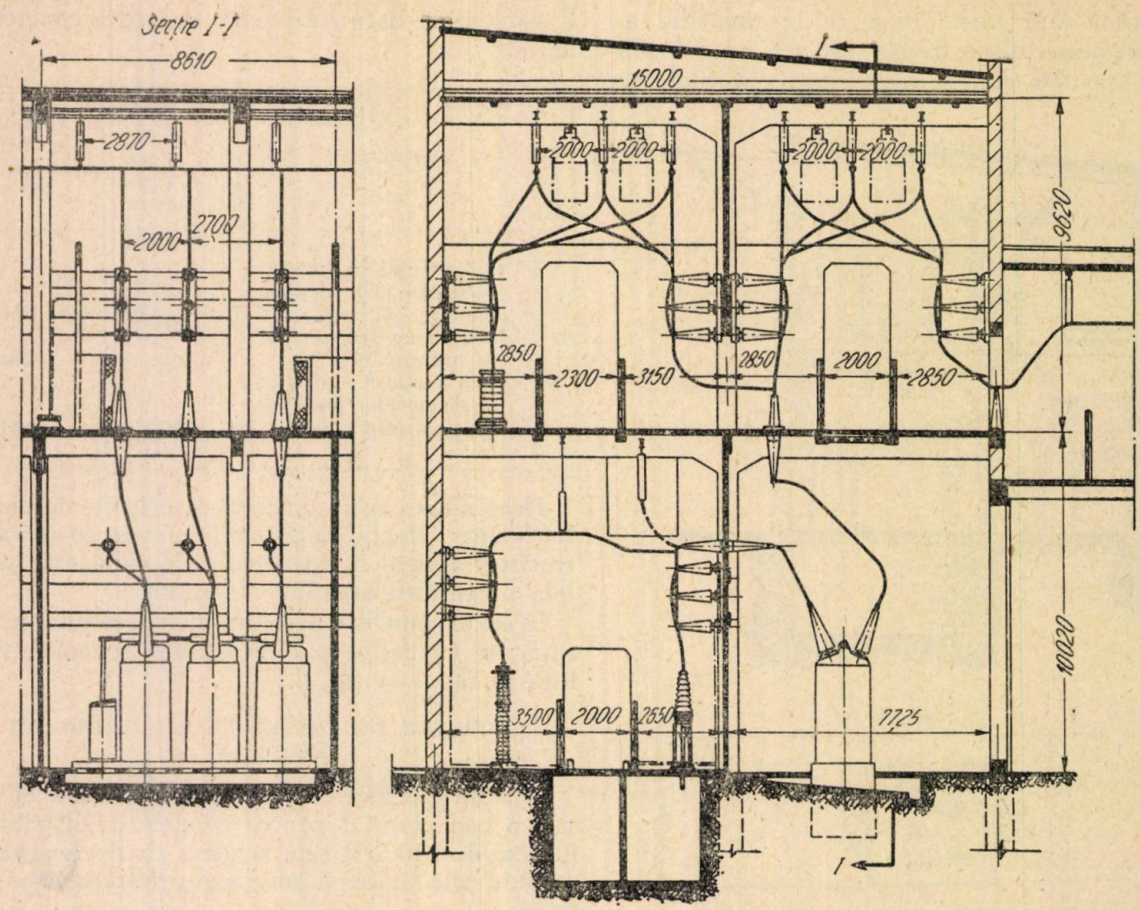


Fig. 6. Celula de distribuţie închisă, de 110 kV, cu întreruptătorii în ulei montaţi în sală comună.



Incepând din anul 1930 celulele de distribuţie închise de 110 kV cu întrerupători în ulei se construiau cu întrerupătorii montaţi în aşa zisa cameră de explozie, potrivit regulamentului pentru combaterea incendiilor (fig. 6). Volumul clădirii monocelulare este foarte mare şi anume 3000 m³. Construcţia acestor clădiri este foarte complicată; costul clădirii ce adăposteşte o celulă depăşeşte cu mult costul utilajului electric al celulei şi este natural că s'a recurs la aceste construcţii numai în cazuri extreme, când nu s'au putut executa sub formă de instalaţii deschise.

Intrerupătorii cu aer sau cu ulei puţin, de 110 kV, se montează în cameră deschisă. Datorită dimensiunilor mai reduse ale acestor întrerupători şi montării lor în camere deschise, dimensiunile exterioare ale clădirilor celulelor de distribuţie se reduc esenţial. Pereţii despărţitori dintre camere se execută dintr'o carcasă metalică şi plăci de gipsolit.

Schemele cu întrerupătorii fără ulei, spre deosebire de cele descrise mai sus, prezintă o situaţie mai favorabilă nu numai prin volumul mult mai mic al clădirii, simplificându-se prin aceasta lucrările de construcţie, dar şi prin pericolul de incendiu mult mai mic, deoarece la aceste instalaţii uleiul se găseşte numai în transformatorii de curent şi de tensiune, fără a ţine seama de izolatorii

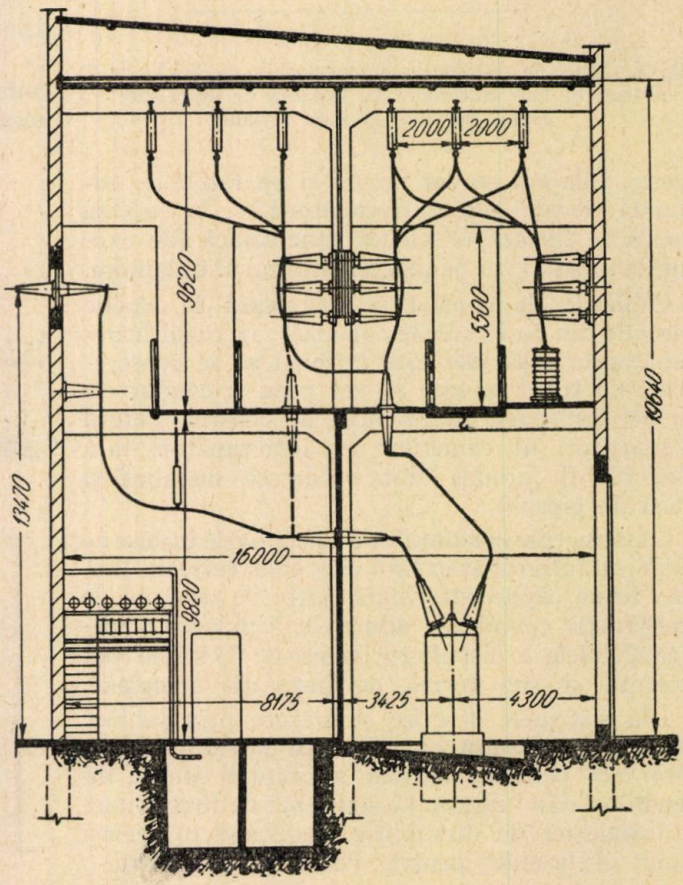


Fig. 7. Celula de distribuţie închisă, de 100 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare şi întrerupători în ulei în camera de explozie.

de trecere spre liniile aeriene, care conţin o cantitate relativ mică de ulei. După ce se va organiza producţia de izolatori care servesc pentru trecerile înspre liniile aeriene, cu transformatorii de curent plasaţi în corpul lor şi aparate pentru măsurarea tensiunii la celulele de distribuţie închise de 100 kV cu întrerupători fără ulei, aceşti izolatori de trecere vor fi singurele aparate cu conţinut de ulei (bine înţeles dacă nu ţinem seamă de transformatorii de tensiune montaţi pe barele colectoare, celulele putând fi astfel considerate în afara pericolului de incendiu).

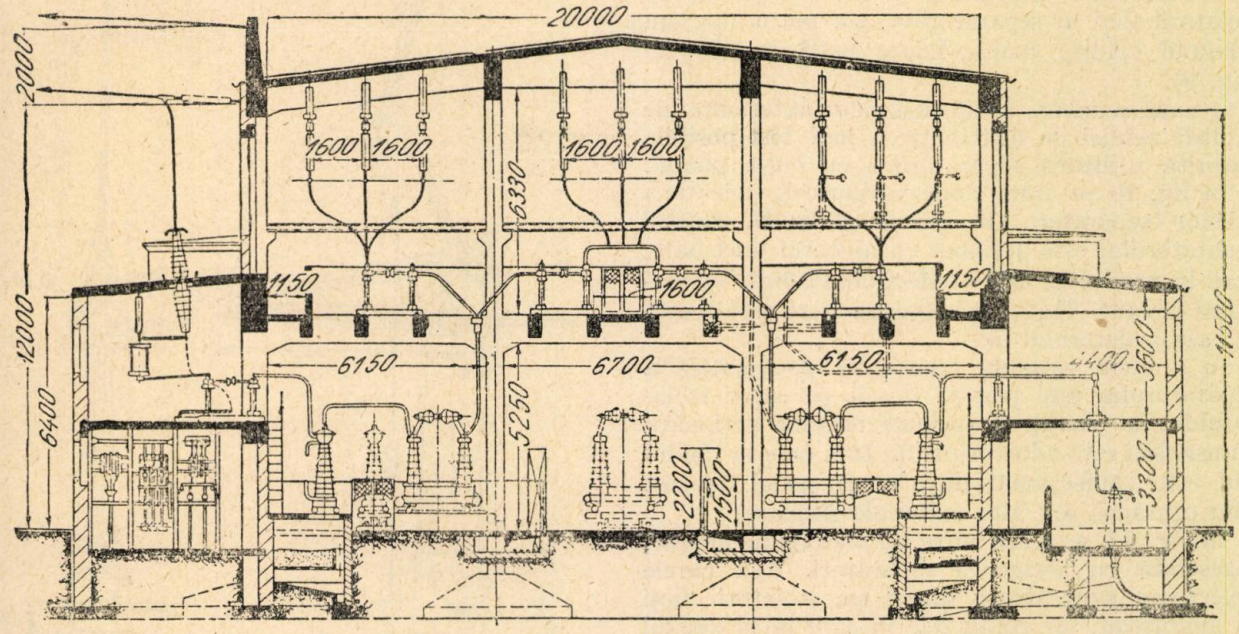


Fig. 8. Celula de distribuţie închisă, de 110 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare şi întrerupători fără ulei. Deschiderea celulei 7000 mm.

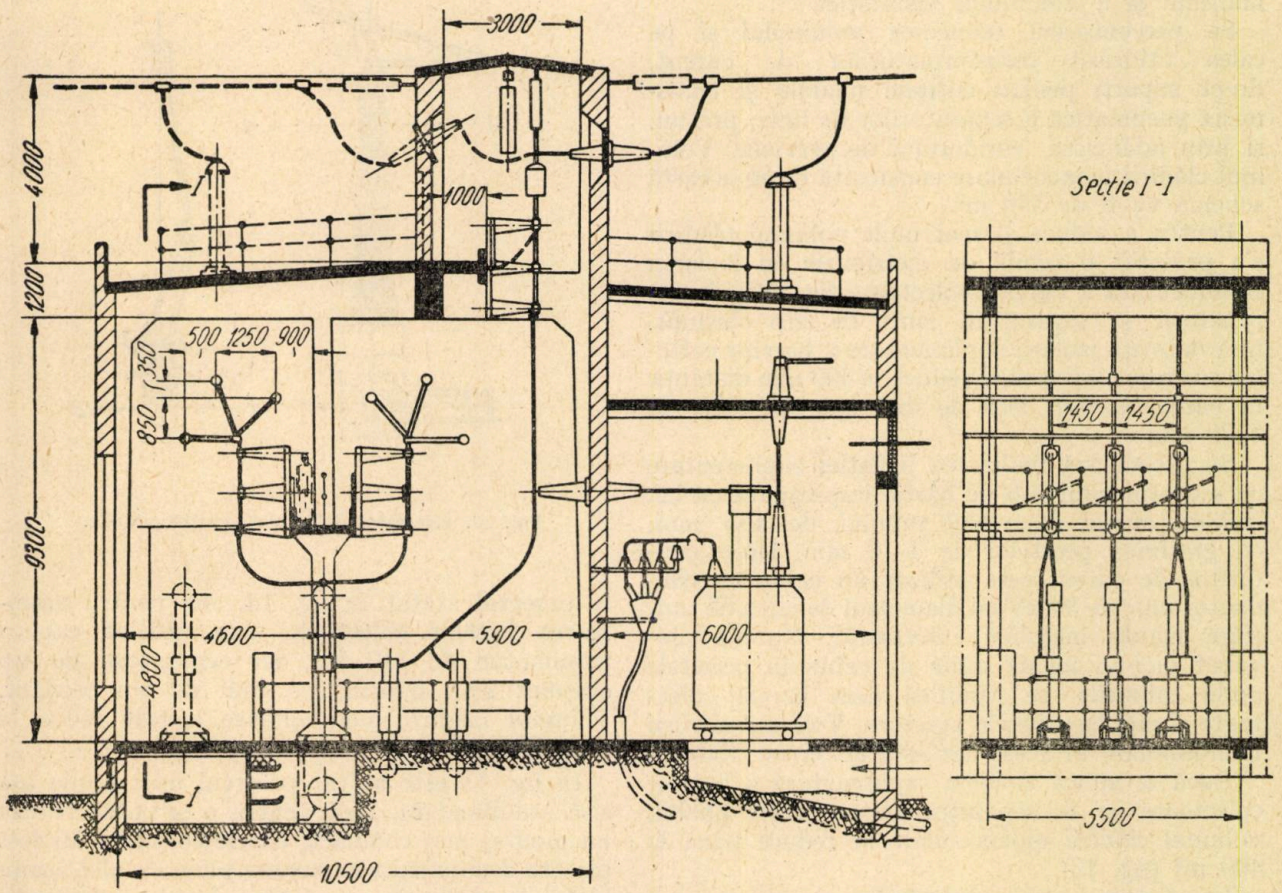


Fig. 9. Celula de distribuţie închisă, de 110 kV, cu 2 sisteme de bare colectoare şi întrerupători cu expansiune.

La început, în instalaţiile cu întrerupători fără ulei s'au folosit izolatori pentru bare colectoare de tip suspendat sau fixaţi pe suporţi (fig. 8), din care cauză volumul clădirii monocelulare reprezintă 1300 m³.

Folosind metoda de simplificare rigidă a barelor colectoare, fixându-le pe acestea direct pe izolatorii ficşi ai separatorilor, s'a putut micşora volumul clădirii monocelulare până la 800 m³ (fig. 9).

O nouă reducere a dimensiunilor exterioare ale clădirii celulei de distribuţie a mai fost posibilă datorită utilizării separatorilor cu cuţit pliabil.

In fig. 10 se arată două variante de execuţie a acestor separatori. In prima variantă cuţitul separatorului este acţionat cu ajutorul unei bare, care la rândul ei este confecţionată dintr'un material izolant. Transmisia acestei bare este fixată la baza izolatorului fix.

In a doua variantă transmisia pneumatică a separatorului este plasată direct pe capul izolatorului fix. Aerul comprimat necesar acţionării transmisiei este adus printr'un tub, care la rândul său este confecţionat dintr'un material izolant (din ceramică sau alte materiale similare).

In fig. 11 se arată proectul unei celule închise, înzestrată cu asemenea separatori. Aici barele colectoare sunt fixate direct pe izolatorii ficşi ai aparatelor, iar contactele în care intră cuţitul separatorului de închidere, se fixează pe barele rigide ce se ramifică dela izolatori.

Prin aceasta se creiază posibilitatea reducerii înălţimii şi a volumului instalaţiei.

Se preconizează reducerea volumului şi pe calea utilizării transformatorilor de curent, drept suporţi pentru cuţitele pliabile şi transmisia pneumatică a separatorilor de linie, precum şi prin adâncirea coridorului de serviciu. Volumul clădirii monocelulare construită după această schemă va fi de 550 m³.

Pentru a reduce şi mai mult volumul clădirii s'a proectat o celulă de distribuţie cu izolarea suplimentară a barelor colectoare fig. 12. Intrerupătorii şi separatorii sunt de tip obişnuit, însă datorită izolării suplimentare a barelor colectoare a fost posibil să se reducă la 400 mm distanţa în barele fazelor, faţă de distanţa obişnuită de 1200 mm.

Se proectează realizarea izolaţiei suplimentare cu ajutorul unui tub de hârtie împregnată cu lac izolant, având diametrul tubului de 155 mm, cu grosimea peretelui de 4—8 mm. Drept conductor de curent este utilizat un cablu cu conductor unic de 30 kV cu diametrul de circa 55 mm (fără manta metalică exterioară). Nu s'a prevăzut nici-un fel de mufe de cablu în punctele unde cablurile se ramifică dela barele colectoare şi nici la capetele acestora. Volumul clădirii monocelulare în acest caz este de circa 450 m³.

Dacă se aplică izolarea suplimentară a barelor colectoare şi a separatorilor cu cuţit pliabil, volumul clădirii monocelulare se reduce până la 400 m³ (fig. 13).

In căutarea unor comprimări şi mai mari a dimensiunilor exterioare ale celulei, s'a ajuns

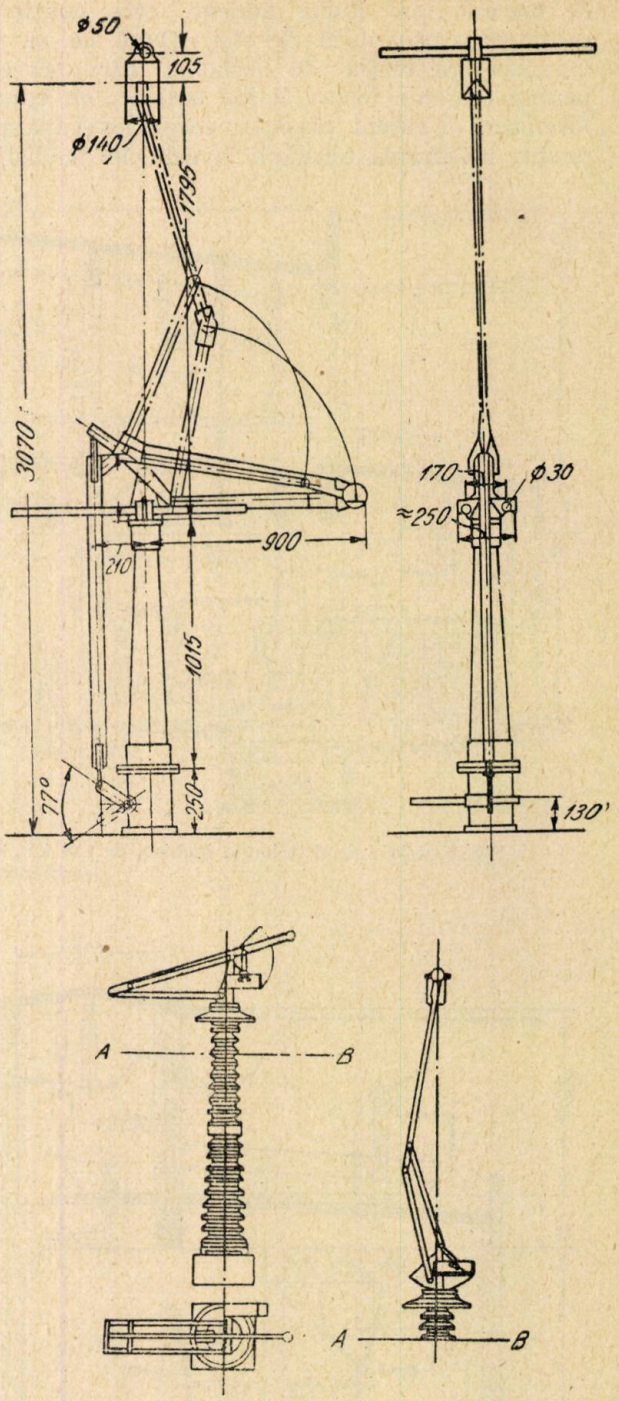


Fig. 10. Separator A.E.G. cu cuţite pliabile.

la proectul arătat în fig. 14. Aci pentru asamblarea barelor colectoare s'au utilizat cabluri monofazice de 110 kV, iar separatorii de tip obişnuit s'au înlocuit cu unii de tip oscilant. Volumul clădirii monocelulare a fost redus la circa 330 m³.

In fig. 15 este arătat proectul unei celule aşa zisă semiblindată. Aici, pentru a se putea realiza un montaj mai compact, barele colectare au fost plasate deasemenea în camere pline cu ulei, asamblate cu tuburile ce conţin barele colectoare. Volumul clădirii monocelulare este de 330 m³.

In anul 1947 s'a elaborat de către Institutul „Teploelectroproect" schema unei celule de 110 kV de construcţie naţională, originală, cu utilizarea întrerupătorilor fără ulei de 110 kV şi a unor separatori rotativi, ceeace a necesitat o celulă cu o deschidere de 7,5 m. După aceea, în urma punerii în funcţiune de către uzinele sovietice a noii construcţii de separatori cu resort (funcţionând f ără şoc), s'a elaborat în anul 1948

Utilizarea separatorilor cu un singur montan a permis simplificarea esenţială a schemei celule de distribuţie închisă de 110 kV. In prima variantă elaborată s'a admis plasarea barelor colectoare pe separatori, având derivaţiile fixate pe izolatori separaţi.

In a doua variantă a schemei, arătată în fig. 17, barele colectoare sunt plasate pe izolatori separaţi. Această variantă este mai comodă în exploatare

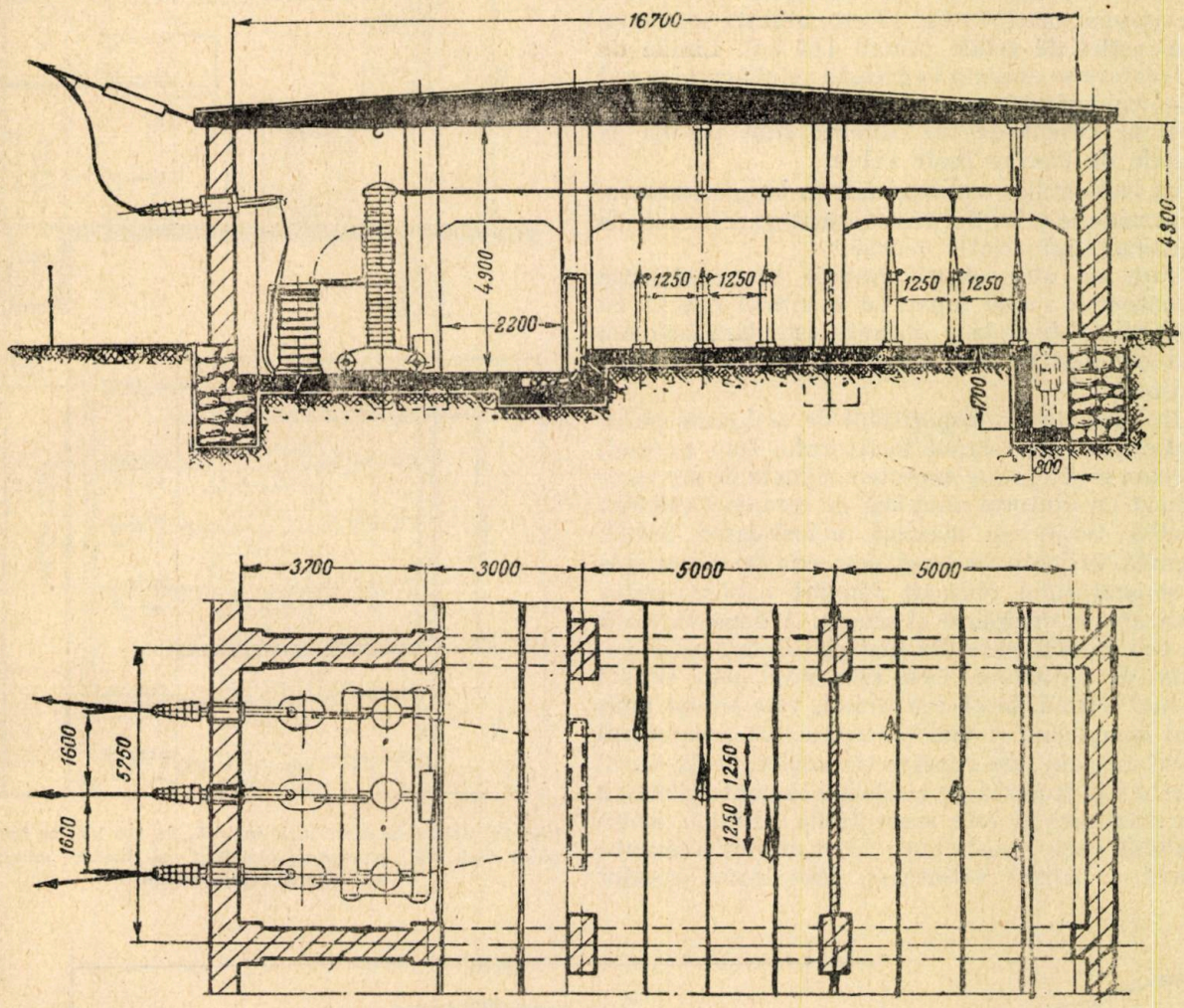


Fig. 11. Celulă de distribuţie închisă, de 110 kV, cu întrerupător fără ulei şi separator cu cuţite pliabile.

de către Institutul „Teploelectroproect" o nouă schemă pe care o reproducem în fig. 16. Utilizarea separatorilor — ruptoare de curent — a permis micşorarea deschiderii celulei dela 7,5 la 6 m, concomitent cu mărirea puţin importantă a înălţimii clădirii (cu aproximativ 1 m).

Potrivit indicaţiilor date de uzină, întrerupătorii în aer se transportă în camerile de stingere demontaţi; aceştia din urmă montându-se direct în cameră. Barele colectoare sunt tubulare, rigide (din oţel sau din metale neferoase), volumul clădirii monocelulare fiind de 1100 m³.

In anii 1947—1948 s'a elaborat, la propunerea tov. I. L. Dvosckin, o nouă construcţie a separatorului, aşa zis „cu un singur montant" funcţionând fără şoc. (marca uzinei R.L.N.O.).

prin faptul că partea rotativă a separatorilor, care necesită reparaţii mai dese, este plasată chiar pe derivaţie şi nu pe barele colectoare.

Afară de aceasta, în schema de mai sus numeroasele derivaţii sunt dispuse comod pentru eventualele revizuiri şi reparaţii; deasemenea este mai mic şi numărul izolatorilor de susţinere. Toate piesele conducătoare de curent sunt lăsate la o înălţime ce nu depăşeşte 3,5 m, ceeace indiscutabil înlesneşte supravegherea şi repararea lor. Contactele fixe şi cele pentru punerea la pământ ale separatorilor de linii sunt combinate cu izolatori de trecere înspre linii.

Având în vedere că izolatorii de eşire spre linii sunt plasaţi la o mică înălţime deasupra solului, se prevede îngrădirea suplimentară a acestor

izolatori, ceeace permite a considera această parte a celulei ca o instalaţie deschisă. Toţi izolatorii de trecere se plasează pe o singură parte a clădiri. Prin procedeul arătat mai sus, volumul clădirii monocelulare atinge circa 750 m³.

Inălţimea redusă a celulei cu separatori pe un singur montant, permite executarea relativ simplă a unei asemenea celule în formă de celulă subterană, ceeace poate fi necesară în unele cazuri pentru substaţii lăsate în cartierele aglomerate ale oraşelor mari. In fig. 18 este arătată secţiunea unei astfel de celule pentru 110 kV. Liniile de alimentare se execută la această celulă cu ajutorul unor cabluri subterane de 110 kV. Transformatorii de curent de tip cilindric sunt plasaţi pe mufele de trecere peste cablu.

La instalaţiile cu sistem unic de bare colectoare, dimensiunile celor doi transformatori reductori de tensiune sunt relativ reduse.

Faţă de alte scheme trebuie să menţionăm următoarele : noul separator al firmei A.E.G. cu cuţit pliabil în ambele variante este fără îndoială mai complet şi mai scump decât un separator obişnuit.

In varianta cu dispozitivul de acţionare pneumatic plasat pe capul izolatorului este necesar, precum se ştie, să se execute conducta de aer comprimat cu ajutorul unui tub de ceramică calculat pentru tensiunea maximă a instalaţiei. Astfel, această variantă în locul unei construcţii simple a separatorului obişnuit impune confecţionarea unui aparat complicat şi scump. A doua variantă cu tija de acţionare din material izolant şi dispozitiv de acţionare, deşi este mult mai simplă şi mai ieftină decât cea dintâi, este totuşi mult mai complicată şi mai scumpă decât separatorul montant unic, de construcţie sovietică. In cazul acesta tija izolantă de acţionare se confecţionează din bachelită şi este susceptibilă umezelii materialului, ceeace poate avea drept urmare avarierea gravă a barelor colectoare. Executarea acestor tije din faianţă este legată pe de altă parte de alte mari greutăţi, atât timp cât materialul unei asemenea tije va trebui să lucreze în condiţiuni defavorabile (întinderea şi comprimarea alternativă).

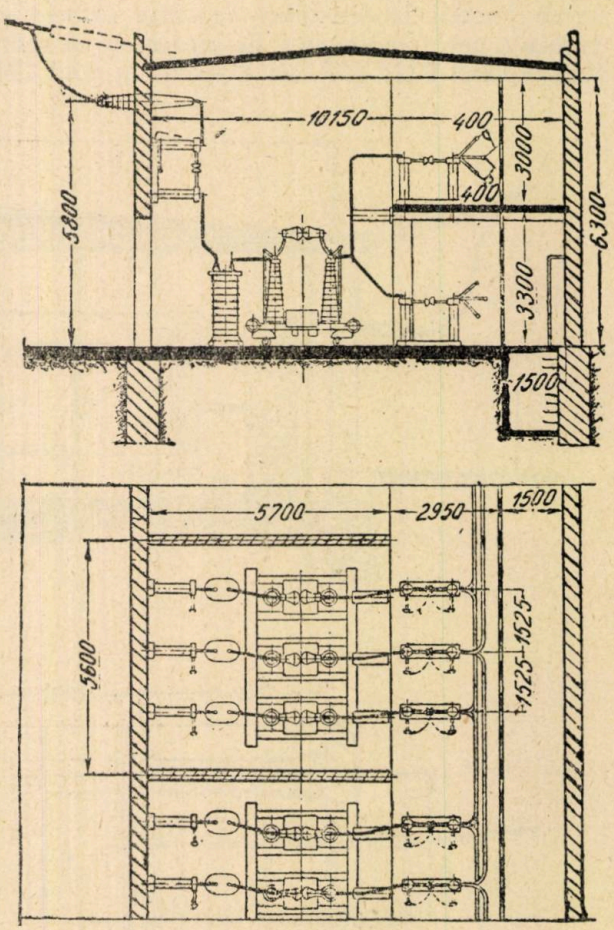


Fig. 12. Celula de distribuţie închisă, de 110 kV, cu întrerupător fără ulei, separatori obişnuiţi şi barele colectoare cu izolaţie suplimentară.

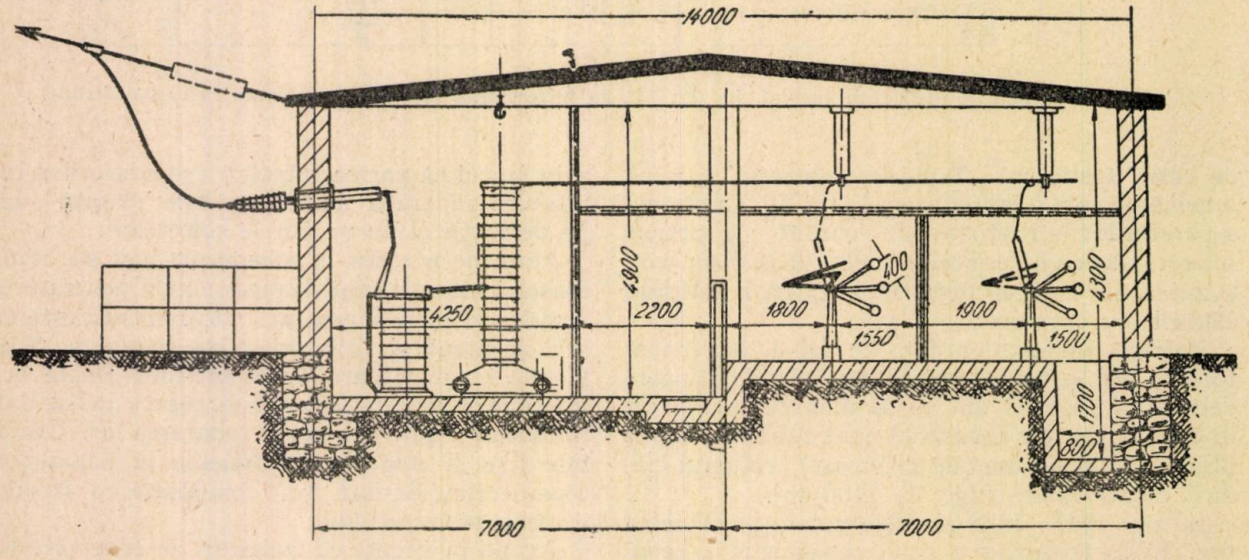


Fig. 13. Celula de distribuţie închisă, de 110 kV, cu întrerupători fără ulei, separator cu cuţite pliabile şi bare colectoare cu izolaţie suplimentară. Deschiderea celulei este de 5300 mm.

In sfârşit în ultima construcţie, contactele fixe montate pe barele colectoare se execută în formă obişnuită de teacă, din care cauză va fi necesar să se desvolte eforturi importante în dispoziţiile de acţionare al separatorului atât la cuplare cât şi la decuplare.

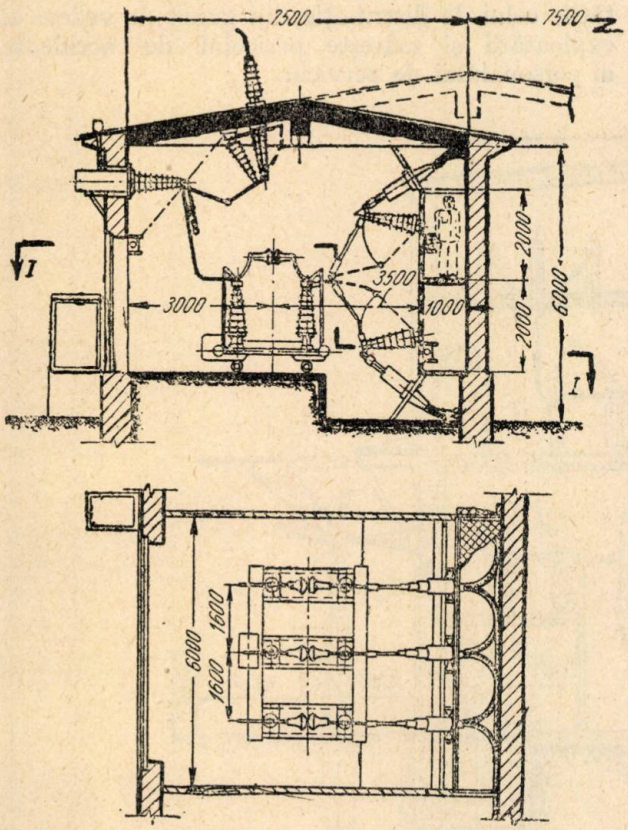


Fig. 14. Celula de distribuţie închisă, de 110 kV, cu întrerupători în aer, separatori oscilanţi şi bare colectoare executate din cablu izolat.

Toate aceste defecte lipsesc la construcţiile sovietice ale separatorului pe montant unic cu contact silenţios.

Volumul ceva mai redus al clădirii din schema germană, având separatorul cu cuţit pliabil, în comparaţie cu construcţiile similare sovietice, executate cu ajutorul separatorilor cu montant unic (550 m³ faţă de 750 m³) se explică prin faptul că în schemele sovietice recomandate, barele colectoare sunt plasate sus, iar contactele sudate jos; în schema germană situaţia este inversă (v. fig. 11 şi 17).

După cum s'a arătat mai sus, orientarea contactelor sudate în jos în acea parte a separatorului unde se găsesc elementele mobile, este mai comodă în exploatare. Afară de aceasta, utilizarea în schema germană a transformatorilor de curent, combinaţi cu separatorii de linii şi a coridoarelor de serviciu cufundate, deşi nu micşorează gabaritul clădirii, reduc totuşi siguranţa de funcţionare a instalaţiei, făcând şi deservirea acesteia mai puţin comodă.

Reducerea volumului clădirii în schema germană trebuie astfel recunoscută ca artificială şi nejustificată, faţă de mărirea întru câtva a volumului clădirii din schema sovietică, care este pe deplin fondată.

Proectele schemelor germane care folosesc izolatori suplimentari dau o micşorare relativ mică a cubajului unei celule şi anume de circa 150 m³.

Aplicarea izolării suplimentare ar putea fi raţională în singurul caz când izolaţia ar fi suficient de eftină, n'ar necesita decuplări dese în vederea curăţirii sau a revizuirii şi n'ar produce îndoieli asupra siguranţei de funcţionare. Hârtia bachelizată utilizată fiind drept izolaţie suplimentară, necesită menţionarea în interiorul clădirii celulei de distribuţie a unui regim de umiditate bine determinat, adică amenajarea încălzirii şi ventilaţiei, ceeace are drept urmare scumpirea instalaţiei, neînlăturând totuşi pericolul de umezire a izolaţiei şi posibilitatea avariilor.

Realizarea izolaţiei suplimentare cu ajutorul altor materiale nesupuse umezirii este grea, mai ales dacă ţinem seamă că în afară de condiţia de perfectă siguranţă de funcţionare, această izolaţie trebue să fie suficient de eftină.

Faţă de consideraţiile expuse, utilizarea izolaţiei suplimentare apare astăzi ca neraţională.

Proectele sistemelor germane în care se utilizează separatori oscilanţi şi cabluri de 110 kV în locul barelor colectoare, cu greu ar putea fi privite ca putând face o concurenţă serioasă ultimelor sisteme sovietice cu separatori pe montant unic. Reducerea cubajului în aceste scheme, în comparaţie cu cele sovietice, dă o micşorare relativă a costului clădirii pentru o celulă. In schimb însă utilizarea unui cablu de 110 kV cu 6 mufe de trecere în fiecare celulă şi a separatorilor oscilanţi, fără îndoială va duce la un cost mai ridicat. Afară de aceasta este de relevat că în schema germană a fost utilizat un transformator de curent de construcţie specială, cufundat în perete, iar dulapurile şi comenzile întrerupătorilor sunt montate afară, fapt care bine înţeles înlesneşte condiţiile de exploatare ale instalaţiei micşorând astfel siguranţa de funcţionare.

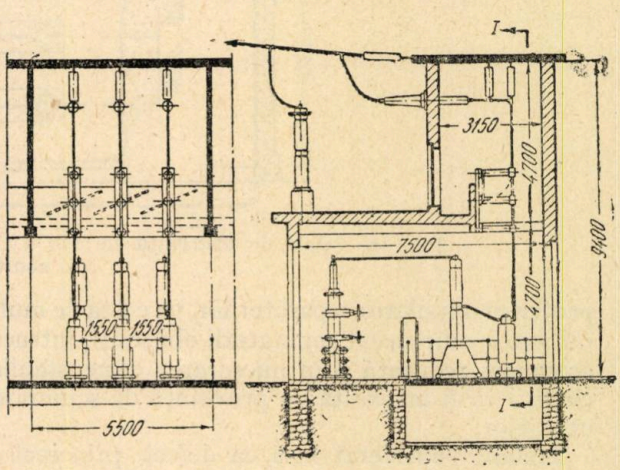


Fig. 15. Celula de distribuţie semiblindată de 110 kV.

Reducerea gabaritelor, obţinută prin folosirea unui utilaj special pentru barele colectoare şi a separatorilor practicaţi în proectele germane de

instalaţii semicapsulate, reprezintă circa 400 m³ pentru o celulă, în comparaţie cu schema sovietică, în care s'au folosit separatori cu montant unic. Socotind costul unui metru cub clădire la 60 ruble, o atare reducere a cubajului va permite micşorarea costului clădirii cu aproximativ 24 000 ruble pentru o celulă.

Intr'adevăr, montarea a trei mufe suplimentare de 110 kV cu separatori în ulei, de construcţie specială, cu bare colectoare şi mecanisme speciale ale barelor colectoare va fi realizată, pe cât se pare, cu autorul unor flanşe. Deranjarea acestor îmbinări din cauza învechirii garniturilor, a variaţiei lungimii tuburilor la schimbarea temperaturilor, etc., va provoca pierderi de ulei.

Este deasemenea evident că lipsa dispozitivelor vizibile de deconectare în separator reduce calităţile celui de distribuţie, din punct de vedere al exploatării şi măreşte pericolul de accidente al personalului de serviciu.

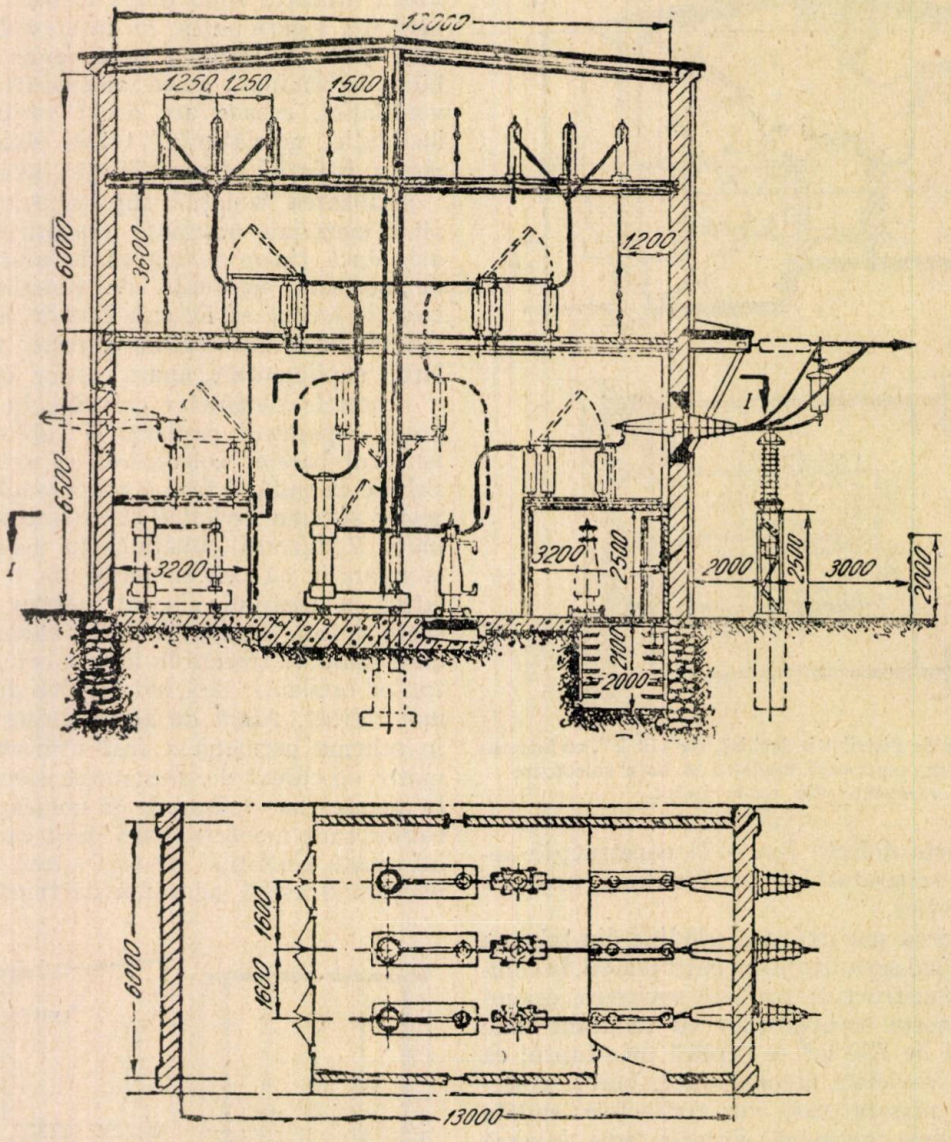


Fig. 16. Celula de distribuţie de 110 kV, cu întrerupători fără ulei şi separatori-ruptoare de construcţie sovietică.

pentru manipularea separatorilor, va costa de multe ori mai scump decât separatorii obişnuiţi, întrucât economia realizată prin micşorarea dimensiunilor clădirii va fi acoperită cu prisosinţă de scumpirea utilajelor.

Trebuie considerat însă ca defect principal al ultimei soluţii prezenţa într'o celulă închisă de 110 kV a unor elemente conţinând ulei, cu toate consecinţele care decurg din acest fapt. Exploatarea unor asemenea elemente este legată de anumite greutăţi importante, bine determinate, atât timp cât asamblarea unor elemente separate

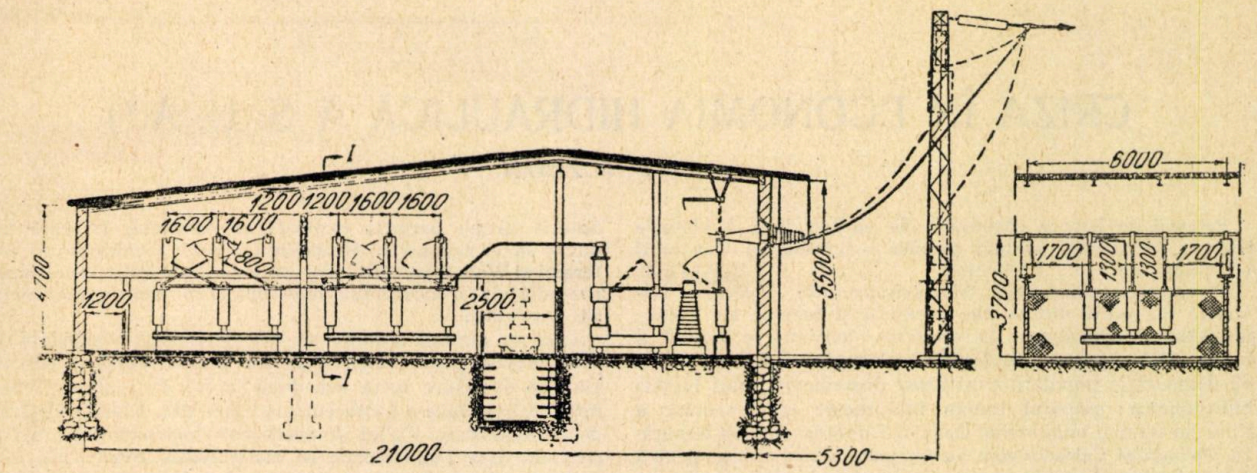
Având în vedere cele de mai sus, credem că celula semiblindată cu elemente izolatoare cu ulei, nu are şanse de răspândire în viitor.

Putem constata din analiza proectelor germane din ultimii ani, ale celulelor de distribuţie închise de 100 kV, că schemele sovietice cu întrerupători în aer şi separatori pe montant unic prezintă astăzi fără îndoială instalaţii cu mult mai sigure şi mai perfecte.

Din toate punctele de vedere în ceeace priveşte construcţia celulelor de distribuţie închise de 110 kV, examinate mai sus, rezultă că:

1. Utilizarea întrerupătorilor în aer sau cu ulei puţin permite mărirea siguranţei de funcţionare a celulei şi micşorează pericolul de incendiu, precum şi reducerea considerabilă a volumului şi simplificarea construcţiei clădirii.

2. In comparaţie cu schema străină, schema elaborată în Uniunea Sovietică, a celulelor închise de 110 kV cu întrerupători fără ulei şi separatori cu montant unic, este cu mult mai sigură şi mai comodă în exploatare; soluţia recomandată este arătată în fig. 17.



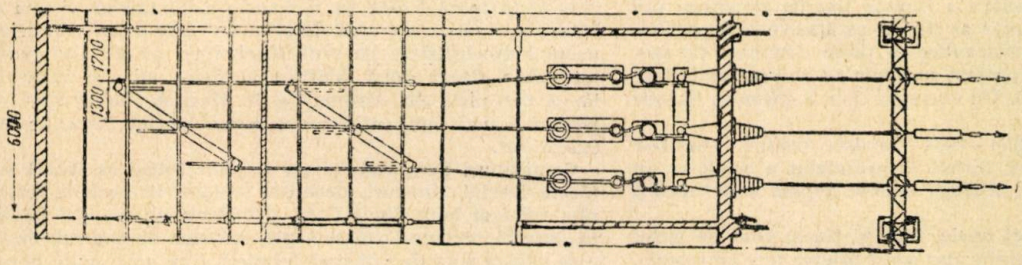


Fig. 17. Celula de distribuţie închisă de 110 kV, cu sistem unic în bare colectoare, întrerupător fără ulei şi separator pe montant unic.

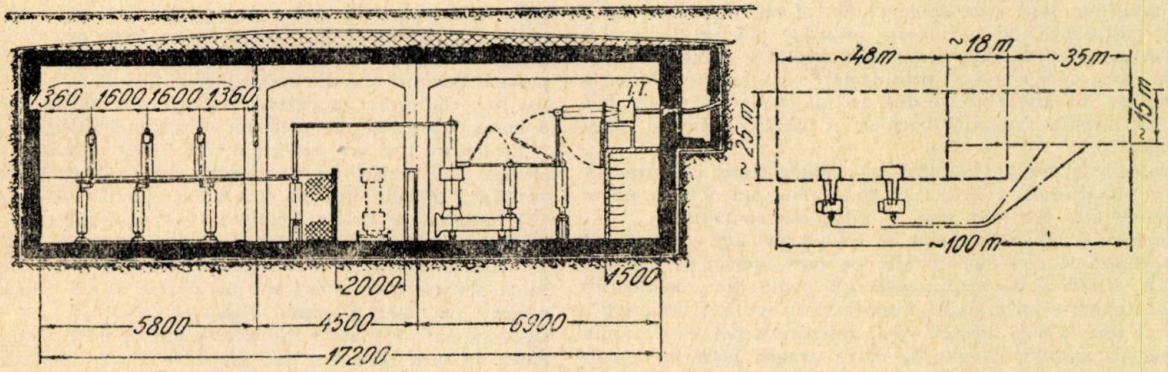


Fig. 18. Celula de distribuţie subterană de 110 kV, cu sistem unic de bare colectoare, întrerupători fără ulei şi separatori pe montant unic.

3. Dacă este necesar să se monteze întrerupători în ulei în interiorul celulelor închise de 110 kV, poate fi utilizată schema arătată în fig. 7.

★

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ И ТОЧКИ ДЛЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЗАКРЫТОГО ТОКА В 35 кв И 110 кв

Р е з ю м е

Проектирование распределительных станций для высокого напряжения является очень разнобразным.

Для разрешения этого вопроса, для укорочения времени потребного на проектировку, для сбеспечения правильности решения и для того чтобы исключить работу в ощупь, проектировщик должен воспользоваться последними данными громадного советского опыта и техники.

По линии выполнения величественных задач предусмотренных „Планом электрификации страны", где И.П.С.Р, — Проектировочный Институт А. О-ва „Совромконструкция" — принимает участие проектировкой термоэлектрических станций, проектирование которое широко использовало опыты советских электротехников. Указывается ряд выводов советского инженера Л. И. Двоскина, относительно распределительных точек в 35 кв и 110 кв.

★

CRIZA ÎN ECONOMIA HIDRAULICĂ A S. U. A.*)

Prof. L. ZIMAN

Poporul sovietic a sărbătorit de curând încă o victorie istorică pe frontul muncii paşnice — terminarea Canalului al Volga-Don „V. I. Lenin".

Minunatele construcţii hidrotehnice din Uniunea Sovietică fac parte din bazele materiale şi tehnice ale Comunismului şi contribuiesc la creşterea continuă şi rapidă a bunei stări a poporului. Urmând exemplul U.R.S.S., ţările de democraţie populară construiesc deasemenea mari lucrări hidrotehnice: poporul român înfăptuieşte visul secular a fiilor lui cei mai buni creind Canalul Dunărea—Marea Neagră. In Polonia şi Cehoslovacia au început lucrări uriaşe pentru a lega basinul Dunării cu cel al Oderului. In China milioane de oameni lucrează pentru a supune fluviile puternice din ţara lor, pentru a le forţa să deservească nevoile poporului.

Folosirea resurselor hidraulice în ţările dominate de monopoluri prezintă un contrast puternic cu această activitate rodnică şi multilaterală. Un exemplu tipic îl găsim în Statele Unite ale Americii.

In cursul anilor 1950—1951 Comisia pentru Resursele Hidraulice de pe lângă Biroul Preşedintelui a publicat un raport în trei volume. Autorii acestui raport sunt nevoiţi să recunoască:

„Noi am folosit prost apele, fără să ţinem cont de ciclul lor natural. Noi am transformat acest prieten într'un inamic. Noi am distrus pădurile, lăsând neacoperite coastele sterpe ale munţilor depe care apele ploilor şi ale zăpezilor topite curg nestăvilite. Noi am stors resursele pământului arabil şi am epuizat păşunile. Eroziunea solului a atins proporţii periculoase. Noi am lăsat prin urmare ca solul preţios de pe suprafaţa ogoarelor să fie dus de ape în ocean, murdărind fluviile noastre astupând bazinele şi mărind pericolul inundaţiilor".

Autorii raportului încearcă să demonstreze că această stare catastrofală a resurselor hidraulice din S.U.A. poate fi remediată. De fapt însă ei dovedesc contrariul.

Incercând să fundamenteze concluzia lor, comisiunea proiectează lucrări hidrotehnice pe zece cursuri de ape din S.U.A. Volumul doi cuprinzând 800 pagini din sus-menţionatul raport se intltulează „Zece fluvii în viitorul Americii". Ceeace sare la ochi imediat când deschizi cartea, este strania alegere a râurilor făcută de către autorii lucrării: Comisiunea a acordat o mare atenţie râurilor de o importanţă relativ mică cum sunt Connecticut, Potomac, Alabama, şi ignorează marile fluvii cum sunt: St. Lawrence şi Mississippi. Bineînţeles acest lucru nu este întâmplător.

Fluviul St. Lawrence are condiţii naturale foarte propice pentru executarea de mari lucrări hidrotehnice. Acest râu duce un mare volum de apă şi este alimentat de uriaşul basin a Lacurilor Mari (Great Lakes). Râul are multe cascade, curge între maluri de piatră şi la o mică distanţă de marile regiuni industriale ale Statelor Unite şi ale Canadei, Construirea de baraje ar face din St. Lawrence un drum navigabil adânc şi ar face posibil producerea unui uriaş volum de energie electrică eftină. Necesitatea construirii de baraje pe acest râu este atât de imperativă încât încă acum cincizeci de ani a fost elaborat un proiect în acest scop. In anul 1941 preşedintele Roosevelt a declarat:

„Nu cunosc un proiect de acest gen care, atât în timp de război cât şi în timp de pace, ar fi mai important pentru viitorul ţării".

Totuşi, până în ziua de azi, nu se construeşte nimic pe fluviul St. Lawrence. Motivul acestei pasivităţi a fost desvăluit de către presa americană. Acum câţiva ani un grup de monopolişti, în frunte cu Morgan, a încercat să pună mâna pe resursele hidraulice ale fluviului St. Lawrence. Grupul nu a reuşit să-şi realizeze scopul şi în consecinţă a hotărît să nu permită exploatarea resurselor pe care n'a putut să le acapareze. Rezistenţa acestor reprezentanţi puternici ai Wall Street-ului este atât de mare încât Comisiunea Preşedintelui a socotit mai bine nici să nu menţioneze fluviul St. Lawrence.

Cam în aceeaşi situaţie se află şi fluviul Mississippi pe care marele poet Maiacovschi l-a numit Volga american. Dar ce deosebire între cele două fluvii: Pe malurile Volgei intră în funcţiune o hidrocentrală după alta. Uzinele electrice dela Invancovo, Uglici şi Scerbacov lucrează deja, hidrocentrala dela Ţimlianskaia se inaugurează, construcţia centralelor dela Cuibâşev şi Stalingrad a început. Se apropie ziua când toată Volga va fi transformată într'un sistem de lacuri mari, separate unul de altul de către o serie de uriaşe uzine hidroelectrice. Pe râul Mississippi, pe de altă parte, nu există decât două centrale electrice mici şi învechite lângă cascadele St. Anthony şi la Keokuk, iar perspectiva pentru o mai bună utilizare a resurselor lui hidraulice nu există azi.

Comisiunea Preşedintelui nu a putut totuşi să treacă sub tăcere fluviul Missouri, deoarece situaţia în basinul acestui râu, cel mai lung din S.U.A., a devenit un scandal public. In această regiune locuiesc şapte milioane de oameni, dintre care câteva sute de mii sunt fermieri, care au o mare nevoie de apă pentru irigaţie. Basinul fiind lipsit de mine carbonifere şi de resurse de petrol importante, producţia de energie hidro-electrică ar fi de o mare însemnătate economică. Tot atât de importante ar fi posibilităţile de transport eftin pe apă. Dar nici una din aceste posibilităţi nu este exploatată. Au fost elaborate numeroase proiecte dar nu se ridică nici o mare construcţie pe malurile fluviului Missouri.

La fiecare trei sau patru ani râul însuşi reaminteşte necesitatea unor astfel de construcţii. In anul 1947 fluviul a inundat 1 200 000 hectare şi a cauzat pierderi în valoare de 111 milioane de dolari. In vara 1951 inundaţiile au distrus locuinţele a 500 000 oamni, iar în primăvara 1952 apele fluviului au acoperit 50 oraşe. Dar Morgan şi alţi reprezentanţi ai trusturilor americane nu doresc să fie ridicate construcţii pe malul fluviului Missouri. Societăţile de energie electrice care fac parte din aceste monopoluri vând electricitate la tarif ridicat şi fac profituri uriaşe. Construcţia de hidrocentrale de stat, obligate să vândă electricitate la un tarif mai redus, ar micşora supraprofiturile monopolurilor. Astfel interesele hrăpăreţe ale trusturilor de „utilitate publică" sunt mai puternice decât necesităţile vitale a milioane de locuitori din basinul prin care curge fluviul Missouri.

Una din consecinţele acestei situaţii este faptul că locuitorii părăsesc regiunea în massă. Comisiunea prezidenţială este nevoită să constate că în ultimii treizeci de ani a avut loc „o emigraţie continuă şi mare din Statele care se află lângă Missouri". Dar Comisiunea nu oferă nici o soluţie concretă pentru schimbarea acestei stări de lucru.

Aceasta este deci situaţia cu privire la cele trei fluvii, cele mai mari ale Statelor Unite. Poporul american este profund interesat în executarea unor vaste lucrări hidrotehnice pe malurile celor trei fluvii, însă acest lucru este imposibil datorită rezistenţei magnaţilor din Wall-Street. Această situaţie a fost caracterizată foarte clar de către Lenin, care a spus că sub dominaţia monopolurilor stimulentul progresului tehnic, şi prin urmare forţa motrică a oricărui progres, dispare într'o oarecare măsură.

Situaţia resurselor hidraulice pe alte fluvii din S.U.A. se prezintă oarecum altfel, deoarece interesul celor mai puternice monopoluri în aceste regiuni este altul.

Malurile fluviului Colorado sunt legate de barajul Hoover, având o lungime de 220 metri. Tot acolo, şi tot din banii contribuabilului, a fost construită o hidrocentrală cu o capacitate de 1 000 000 kW. Aceste două construcţii deservesc

*) Din revista sovietică „Timpuri Noi", 29 (1952)

însă interesele proprietarilor uzinelor aeronautice, ale plantatorilor de fructe şi ale altor mari întreprinderi capitaliste din regiunea Los Angeles. Marile trusturi din California au acaparat aproape întreaga energie electrică produsă de hidrocentrala de pe Colorado şi de apele din rezervorul lacului Mead.

De mai mulţi ani, statele situate lângă fluviul Colorado se ceartă pentru apele râului. Rezultatul acestei lupte a fost hotărît dinainte, dat fiind raportul de forţe între statele respective : Arizona este unul din statele cele mai sărace din S.U.A., California unul din cele mai bogate. Fermierii din Arizona au o mare nevoe de apă pentru irigarea terenurilor lor. Însă cu toate că bazinul dela lacul Mead se află pe teritoriul lor, ei nu primesc apa care le este atât de necesară. Trustmenii din Los Angeles nu pot folosi în prezent toată apa din lacul Mead. O păstrează însă pentru viitor şi nu permit ca ea să fie folosită de către fermierii din Arizona.

O hidrocentrală şi mai mare, cea dela Grand Coulée, se află pe malurile râului Columbia. In anul 1950 capacitatea ei era de 1 420 000 kilowaţi. La începutul lucrărilor de construcţie a acestei centrale s'a anunţat că scopul lucrărilor ar fi desvoltarea irigaţiei pe pământurile de lavă de pe platoul din Columbia, terenuri foarte fertile, dar care nu sunt aproape deloc lucrate din cauza lipsei de apă. In anul 1937 preşedintele Roosevelt a vizitat şantierul acestor construcţii, promiţând că va ajuta ,,acele familii americane care au nevoie de un teren arabil bun".

Construcţia barajului s'a terminat în anul 1942, însă nici până astăzi nu s'a construit sistemul de irigaţie necesar fermierilor. Revista ,,World Almanac" a declarat că ,,marile lucrări de irigaţie nu vor începe înainte de 1952". Singurul scop al acestei ştiri este înşelarea opiniei publice. Este clar încă demult, că construcţia dela Grand Coulée a fost ridicată cu unicul scop al deservirii intereselor magnaţilor industriei de război. Principalii consumatori ai energiei electrice generale, la Grand Coulée, sunt uzinele atomice dela Hanford, marile fabrici de aluminiu şi uzinele aeronautice Boeing. Pentru ei a fost construită cu banii contribuabililor şi pentru ei se măreşte astăzi această hidrocentrală, cea mai mare din S.U.A.

In regiunile de nord-est ale ţării, unele firme au încercat să folosească curentul eftin generat de hidrocentralele statului pentru desvoltare de noi industrii. Dar ele nu a găsit nici un sprijin la Washington, unde toate argumentele lor, demonstrând binefacerile planurilor lor, au fost respinse.

,,Planurile bine chibzuite nu au făcut nici o impresie. Hotărîrea împotriva construirii acestor fabrici a fost luată în birourile guvernamentale în oraşul îndepărtat Washington", scrie ziaristul american A. G. Mezerik în cartea sa ,,Răscoala în Apus şi Sud". Magnaţii din Wall Street precum şi lacheii lor servili din Washington au grija ca hidrocentralele guvernului să vândă electricitate numai industriei de război, controlată de marile trsuturi.

In ţările lagărului democratic, unul din motivele care face să fie intensificate lucrările hidrotehnice este acela, că acestea contribue la învingerea rămânerii în urmă din punct de vedere economic, a regiunilor periferice. In ţările capitaliste însă, trustmenii încearcă în mod intenţionat să împiedice deplina industrializare a acestor regiuni. Gazetarul american Mezerik apără interesele capitaliştilor din Sudul şi Apusul ţării şi condamnă politica egoistă a monopoliştilor din Wall Street.

El scrie : ,,Populaţia din regiuni întregi din S.U.A. simte că li se refuză ocazia de a creşte şi de a se desvolta".

Subjugarea semicolonială a regiunilor de Sud şi de Apus ale Statelor Unite, este azi un fapt îndeobşte recunoscut. Influenţa acestui fapt asupra desvoltării resurselor hidraulice ale ţării este atât de mare, încât chiar Comisia prezidenţială a fost nevoită să vorbească despre ea în raportul ei. Autorii raportului vorbesc despre ,,regionalismul sănătos" al regiunilor periferice, despre ,,revolta lor împotriva concentrării bogăţiilor industriale şi comerciale în vechile State din Nord", despre ,,revolta împotriva tendinţei de a menţine regiunile noi în stare de semi-colonii, furnizoare de produse agricole şi de materii prime cu un venit mic pe cap de locuitor".

Lucrarea hidrotehnică despre care s'a făcut propaganda cea mai zgomotoasă în S.U.A. este hidrocentrala din Valea Tennessee. Construcţia acestui sistem de hidrocentrale guvernamentale a fost începută cu scopuri militare încă din timpul primului război mondial. Ea a fost abandonată curând, lucrările fiind reîncepute abia în anul 1933. Cu ocazia reînceperii lucrărilor din Valea Tennessee s'a vorbit mult şi frumos despre scopul construcţiilor. S'a spus atunci,că unul din scopurile principale ar fi ,,îmbunătăţirea şi eftinirea producţiei de îngrăşăminte". Dar, după cum este nevoită să admită Comisiunea prezidenţială în raportul ei :

,,la începutul celui de al doilea război mondial, furnalele electrice erau gata pentru producţia de fosfor pentru rachete, pentru bombe incendiare şi alte materiale de război, precum şi pentru îngrăşăminte... La sfârşitul celui de al doilea război mondial, aproximativ trei sferturi din producţia de energie electrică, totalizând anual aproape 12 miliarde kilovaţi-ore au fost furnizate uzinelor de război".

Astfel, proprietarii marilor uzine atomice dela Oak Ridge, ai fabricilor de aluminiu, de chimicale pentru scopuri militare şi altele au primit la dispoziţia lor un sistem de hidrocentrale puternice depe Tennessee. Populaţia regiunii însă nu a avut nici un avantaj de pe urma construcţiei acestui sistem.

Inginerul american Williams Haynes, autorul unei lucrări în şase volume despre industria chimică din S.U.A., scrie în ultima sa carte ,,Southern Horizons" (Orizonturi din Sud) :

,,Succesele Administraţiei din Valea Tennessee, despre care se face o reclamă atât de sgomotoasă, sunt foarte îndoelnice. Administraţia nu a contribuit la desvoltarea economiei energetice şi, până în prezent, nu a ajutat să înainteze planificarea industrială... Suntem nevoiţi să tragem concluzia că proiectul de pe urma căruia poporul trebuia să tragă foloase, de fapt îi dăunează... Pentru populaţia văii, a cărei problemă de bază este nivelul scăzut de trai, acesi lucru este o tragedie".

Frank şi Netboy, în cartea lor ,,Pământul. apa şi poporul", precum şi mulţi alţi experţi dau aprecieri foarte asemănătoare despre sistemul de hidrocentrale din Valea Tennessee.

*

Care este deci bilanţul general a economiei hidro-energetice din Statele Unite ale Americii ?

In secolul trecut, transporturile pe apă au jucat un rol foarte mare în economia Statelor Unite. astăzi, datorită concurenţei firmelor de căi ferate, rolul fluviilor şi al canalurilor a scăzut considerabil. Pe canalurile navigabile ale statului New York, de exemplu, transporturile de mărfuri au totalizat 5 800 000 tone în anul 1868 şi numai 3 500 000 tone în anul 1949. Incă înaintea celui de al doilea război mondial, volumul transporturilor fluviale din Uniunea Sovietică a depăşit pe cel din Statele Unite.

Desvoltarea irigaţiei este într'o criză continuă încă din perioada primului război mondial. ,,Enciclopedia Britanică", care se editează acum la Chicago, atribue această criză pe bună dreptate ,,depresiunii generale în agricultură". In ultimii treizeci de ani, suprafaţa irigată din S.U.A. a crescut cu numai un milion de hectare, ceeace reprezintă doar jumătate din terenurile irigate în acest răstimp în Uniunea Sovietică. Trebue subliniat în acelaş timp că irigaţiile executate în U.R.S.S. în această perioadă nu reprezintă decât începutul unor lucrări uriaşe. Canalul navigabil Volga-Don ,,V. I. Lenin", primul şantier mare stalinist vestitor al Comunismului, barajele dela Cuibâşev şi Stalingrad, principalul canal turcmen, canalurile Sud-Ucrainian şi cel din Crimeea de Nord vor iriga peste şase milioane de hectare şi vor duce apa la încă 22 milioane de hectare. Ce contrast puternic între aceste grandioase lucrări de irigare din U.R.S.S. şi criza cronică de irigare din S.U.A' !

O situaţie similară există în desvoltarea economiei hidroenergetice. In perioada 1932—1950 producţia centralelor hidro-electrice din Uniunea Sovietică a crescut de peste douăzeci de ori, în Statele Unite de mai puţin de trei ori. Contribuţia centralelor hidroelectrice la producţia totală de energie electrică a S.U.A. a scăzut dela 34,7 la sută în 1922 la 24,1 la sută în anul 1951. Statele Unite ale Americii dispun de uriaşe resurse hidroelectrice nefolosite. Ar fi în interesul poporului american să se construiască mai multe hidrocentrale care produc electricitate eftină şi care ar fi în stare să deservească şi alte nevoi. Insă construcţia de termocentrale aduce monopolurilor profituri mai grase şi de aceea participarea hidrocentralelor la producţia de energie electrică a descrescut în S.U.A.

In interviewul acordat ziarului ,,Pravda", în Februarie 1951, I. V. Stalin a arătat deosebirea fundamentală în desvoltarea economică a ţărilor care aparţin celor două lagăre : lagărul Păcii, Democraţiei şi Socialismului, şi lagărul războinic, al reacţiunii şi al imperialismului. In lagărul impe-

rialist, în frunte cu Statele Unite ale Americii, mărirea forţelor armate şi cnrsa înarmărilor duc la creşterea industriei de război şi la oprirea lucrărilor civile. Uniunea Sovietică şi ţările de democraţie populară, pe de altă parte, desvoltă industria civilă şi nu limitează ci extind construcţiile de uriaşe staţiuni hidroelectrice şi de lucrări de irigaţii. Şi în această privinţă se dovedeşte încă odată superioritatea sistemului socialist faţă de cel capitalist.

In U.R.S.S. şi în ţările de democraţie populară sunt intensificate lucrările de construcţii hidroelectrice. In Statele Unite trusturile împiedică în mod voit astfel de lucrări.

In Uniunea Sovietică şi în ţările de democraţie populară, lucrările hidrotehnice contribue la progresul economic general şi la ridicarea continuă a nivelului de trai al poporului. In Statele Unite ele nu fac decât să îmbogăţească pe monopolişti.

In U.R.S.S. şi în ţările de democraţie populară, marile lucrări hidroelectrice sunt bastioane ale păcii. In Statele Unite astfel de lucrări sunt executate numai în măsura în care ele contribue la creşterea industriei de război şi ajută la pregătirea unui război de agresiune.

CĂRŢI

VEIŢ V. I.: Economia energiei electrice în industrie.

Economia de energie este o condiţie de bază în construirea socialismului şi constă în scăderea consumului specific de energie pe unitatea de produse. Cartea mai sus amintită tratează o latură a economiilor ce se pot face în industrie şi anume: economia energiei electrice.

La noi această problemă este cu atât mai actuală cu cât ne găsim la începutul planului de electrificare, iar cererile de energie electrică devin în fiecare zi tot mai mari.

In U.R.S.S. s'au întreprins studii asupra acestei probleme, rezultatele fiind expuse în cărţi de felul celeia pe care ne propunem să o prezentăm.

Cartea tratează problema economiei de energie electrică în general şi pe domenii de utilizare, cum ar fi industria grea, maşinile unelte, sudura etc.

Primul capitol tratează raţionalizarea tehnologiei şi problema economiei de energie. Autorul arată că regimurile energetic şi tehnologic al proceselor de producţie sunt legate reciproc, iar de cele mai multe ori regimurile energetice optime le corespunde o productivitate maximă a procesului de producţie, deci consumuri specifice minime.

Economia începe acolo unde tehnologia fabricaţiei, pentru obţinerea aceleiaşi calităţi de produs, se modifică în aşa fel încât se dispensează de procesele cu consum de mare energie adoptând altele cu consum mai mic. Ca exemplu se poate da metoda de turnare în cochile, care aduce o economie de 28% în energia folosită, faţă de celelalte metode.

Drept o metodă neeconomică este citată tăerea tablei prin flacără oxi-acetilenică: pentru a tăia un metru liniar de tablă având o grosime de 20 mm, este necesar 1 m³ de oxigen, iar cu ajutorul unei foarfeci acţionate electric se consumă doar 0,02 kWh. Pentru un metru cub de oxigen se consumă peste 7 kWh.

Experienţa a arătat că regimul de economie a energiei electrice se desvoltă în două mari direcţii:

I. Alegerea raţională a sursei de energie, care poate fi electricitate, gaz, ţiţei, cărbune şi raţionalizarea tehnologiei prin alegerea proceselor tehnologice cu consum specific redus.

II. Intensificarea proceselor de producţie, îmbunătăţirea organizării producţiei şi recuperarea energiei.

Aceste probleme pot fi rezolvate, când energeticul şi tehnologul uzinei lucrează în strânsă colaborare, când pe fiecare dintre ei îl interesează munca celuilalt. O altă condiţie este ca reţeaua electrică să fie suficient extinsă.

Trecem peste capitolul II care tratează economia de energie electrică în industria grea şi ne oprim asupra cap. III, care se ocupă cu economia de energie electrică la maşinile unelte, acesta aparţinând unui domeniu întins din industria de azi şi mai ales la noi în întreprinderi. Faptul că maşinile unelte sunt foarte variate din punct de vedere al construcţiei, şi faptul că sunt în număr foarte mare, puterea lor fiind în mediu de aproximativ 5 kW, aduc o serie întreagă de greutăţi în stab lirea regimului cel mai economic de utilizare, ştiind că măsurile luate în mod izolat nu au un efect prea mare, numai măsurile generale pot avea un bun rezultat. Un prim mijloc de economie ar fi: raţionalizarea proceselor tehnologice, după cum urmează:

Micşorarea lucrărilor la maşini unelte şi folosirea proceselor tehnologice cu consum mai redus.

In acest sens se poate da exemplul următor: de a se folosi ştanţele în locul forjării şi turnării. Prea mult material pentru prelucrare impune o prelucrare îndelungată la maşini, deci o risipă de energie electrică.

Respectarea prescripţiunilor proceselor tehnologice, în ceeace priveşte regimul de lucru, de exemplu strungire, este cu atât mai nerentabilă, cu cât se lucrează cu grosimea şpanului la limita superioară de scule şi maşini.

Utilizarea raţională a maşinii.

Randamentul maşinii scade foarte mult când sarcina scade sub 15—20%.

Să se folosească pentru fiecare maşină un motor cu o putere corespunzătoare. Acolo unde motorul este conectat în triunghiu şi nu are o sarcină corespunzătoare, se pot ameliora pierderile în gol prin conectarea motorului în stea, la care pierderile sunt mai mici.

Micşorarea energiei electrice folosite la mersul în gol al maşinii, prin buna întreţinere. Această lucrare se poate verifica prin măsurarea puterii absorbite de motorul electric în timpul mersului în gol, înainte şi după reparaţie. Toate aceste învăţăminte ar putea fi aplicate în parte şi la noi în întreprinderi.

Ultimul capitol tratează problemele mijloacelor de recuperare a energiei folosite, şi autorul ia ca loc de recuperare a energiei bancurile de probă, unde maşinile supuse încercărilor în sarcină antrenează generatoare de curent, care ar alimenta reţeaua internă, micşorând prin acesta consumul din reţeaua principală.

In acest sens s'au construit aparate speciale care au făcut posibil acest gen de recuperare.

Ioan Tomoşoi

PRIVALOV I. I., GALPERN A. S.: Bazele analizei infinitesimale. Ed. Tehnică, 1952.

Editura Tehnică ne-a dat din limba rusă încă o carte bună de matematici, care alături de Calculul diferenţial şi integral de Acad. N. N. Luzin. Cursul de Matematici Superioare al Prof. A. K. Vlasov, Culegerea de Probleme de N. M. Günther şi A. O. Cuzmin şi încă multe altele, vin în ajutorul celor care vor studia matematicile superioare.

Constatăm încă odată grija pe care o poartă Partidul şi Guvernul nostru pentru desvoltarea învăţământului la noi în ţară, precum şi sprijinul imens, pe care Uniunea Sovietică ni-l dă în această privinţă.

In domeniul matematicilor, Rusia a fost întotdeauna reprezentată prin savanţi de primul ordin. Sunt cunoscute tuturor numele lui: Lobacevschi, Cebâşev, Kovalevscaia şi Liapunov.

După Marea Revoluţie din Octombrie, se continuă tradiţia ştiinţifică matematică şi marile succese ale savanţilor sovietici atât în domeniul analizei matematice, cât şi în multe alte domenii ale matematicii, au devenit astăzi clasice.

Evoluţia mijloacelor de producţie şi deci o altă organizare economică a societăţii, au pus ştiinţei probleme noi, care au necesitat metode noi. Aşa s'a desvoltat analiza matematică şi rezultate de mare importanţă au fost obţinute în Fizică, Mecanică, Electricitate, prin aplicarea matematicilor la datele furnizate de observaţii şi experienţă.

In Uniunea Sovietică, progresul rapid al vieţii sociale, tehnica desvoltată şi larga democratizare a învăţământului, au făcut ca studiul Mecanicii, Electrotehnicii şi Fizicii moderne să fie foarte răspândit. Din această cauză se acordă Matematicilor o atenţie deosebită.

Cartea „Bazele analizei infinitesimale" aduce un sprijin de o valoare necontestată metodelor de predare şi sistematizării cunoştinţelor matematice.

In Institutele tehnice, studentul încă din primul semestru ia contact cu rigurozităţile Cursului de Matematici, precum şi cu tratatele de analiză matematică, pe care le consultă. De cele mai multe ori însă, acest contact ia aspectul unui şoc puternic.

Este adevărat că în Institutele Tehnice studiul matematicii nu constitue un scop în sine. Preocupările de specialitate ale studenţilor sunt concentrate în alte domenii. Dar tot aşa de adevărat este şi faptul că cerinţele impuse matematicii de către ştiinţele naturii, de inginerie şi de tehnică nu pot fi reduse la simple culegeri practice de formule, gata să fie aplicate în diferite împrejurări.

Trebue să se educe în student obişnuinţa de a gândi matematic, de a adânci lucrurile, de a înţelege riguros şi precis toate noţiunile. Studiul unui curs complet de analiză matematică, se face cu greutate. Cere timp. Capitolele expuse se înlănţuesc stringent şi nici unul nu poate fi lăsat la o parte.

Iată motivul pentru care cei doi cercetători de mai sus, bine cunoscuţi în lumea matematicilor şi pedagogi emeriţi, au scris cartea: „Bazele analizei infinitesimale".

Cartea se prezintă cu dimensiuni reduse. Conţine expunerea elementelor calculului diferenţial şi integral şi satisface în întregime dorinţele cititorului, care aşteaptă să fie edificat asupra multor probleme de bază.

Să nu se creadă însă că lucrarea de mai sus este o carte de popularizare, care recurge la demonstraţii schematice şi aproximative şi la redarea superficială a noţiunilor.

Cartea are în adevăr un caracter elementar, dar tot ce este expus în ea este redat cât se poate de riguros şi este esenţial. Nu este nimic de prisos, totul se înlănţue logic, natural, fără afirmaţii gratuite.

Se insistă cu deosebită atenţie asupra noţiunii de dependenţă funcţională, care este o noţiune fundamentală a analizei matematice, ca şi o necesitate a dialecticei materialiste. Se dă înţelesul cel mai larg al acestei noţiuni de dependenţă, arătându-se că în afară de legătura analitică dintre argument şi funcţie, mai pot exista şi legături de altă natură: grafice şi tabulare, deduse din experienţă.

Teoria limitelor se expune cu o precizie şi o precauţie deosebită, ea trebue să înlesnească înţelegerea celor ce vor învăţa ulterior şi este fundamentul pe care se construeşte analiza infinitesimală. Se atrage atenţia asupra unuia din modurile speciale de variaţie a unei mărimi variabile, aceea în care se spune că ea tinde sau se apropie nelimitat de un număr fix oarecare şi se insistă ca această noţiune de limită să nu producă nici o îndoială în mintea cititorului şi să i se dea o definiţie precis matematică.

Capitolul Derivate, apare ca o necesitate a numeroaselor probleme puse de Geometrie, Fizică şi alte discipline, de a analiza diferitele dependenţe funcţionale. Apare clar importanţa uriaşe pe care o are în aplicaţie analiza matematică, ale cărei probleme de bază constau în elaborarea metodelor de cercetare a dependenţelor funcţionale sprijinite pe teoria limitelor.

Urmează apoi în strânsă legătură cu derivatele, noţiunea de diferenţială, care este examinată din mai multe puncte de vedere şi în special din acela al aplicaţiilor calculului integral.

Se arată apoi, organic legate de ele, cele două probleme finale de bază ale analizei matematice: procesul de diferenţiere şi acel de integrare, procese care din punct de vedere istoric, s'au desvoltat într'un interval de timp îndelungat, independent unul de altul.

Se vede deslușit cum din punct de vedere matematic, procesul de diferenţiere este mult mai simplu ca cel de integrare. Aceasta, atâta timp cât se ştie despre integrală că este numai o limită a unei sume. Dar înţelesul se lărgeşte dintr'odată considerabil când se lămureşte că integrala este o operaţie inversă diferenţierii.

In fiecare capitol al cărţii se examinează multe cazuri, astfel încât toate noţiunile sunt perfect de bine concretizate şi analizate.

Figurile sunt clare şi înlesnesc înţelegerea textului.

Se fac multe aplicaţii pentru ca teoria să fie legată de practică, privind numeroase probleme de fizică, de mecanică şi electricitate.

Iată câteva note asupra cărţii de mai sus.

Este un îndreptar util acelora care studiază singuri, precum şi un auxiliar preţios studenţilor din orice Institut tehnic.

Prof. C. Menciu

REVISTE

IVANOV P. S., CUZNEŢOV P. V.: *Despre dispozitive complete şi substaţii complete de transformare.* Promâşlenaia Energhetica, 12 (1951), 9—14.

In prezent, mai multe organizaţii se ocupă cu proiectarea şi construirea dispozitivelor de distribuire pentru tensiuni mijlocii. Unele organizaţii au conceput ideea să creeze şi să introducă dispozitive complete de distribuire (prescurtate KRU) şi substaţii complete de transformare (prescurtate KTP). Totuşi, construcţiile create nu pot fi considerate încă optime după indiciile tehnico-economice şi de exploatare.

Lipsa lor principală constă în aceasta că în ele se folosesc aparataje destinate dispozitivelor obişnuite de distribuire, efectul fiind soluţionări de construcţii grele şi scumpe.

Autorii îşi propun în acest articol să expună felul în care trebue să fie create instalaţiile KRU şi KTP şi să indice diferite variante de construcţie KRU şi KTP pentru sectoarele inferioare ale sistemelor de alimentare electrică.

La baza elaborării construcţiilor KRU şi KTP, trebue să stea următoarele principii: 1) să fie create după reguli speciale; 2) să fie utilate cu aparataje speciale adaptate destinaţiei lor; 3) numărul tipurilor de construcţie să fie minimal, iar executarea tipizată să fie universală; 4) schema de comutare a aparatajelor să asigure apropierea maximă a înaltei tensiuni de consumator; 5) să fie executate în uzine specializate, în formă de blocuri finite.

Autorii desvoltă apoi schema de comutaţii şi parametrii utilajului principal al KRU şi KTP, precum şi executarea construcţiilor, completându-şi expunerile prin 6 figuri care demonstrează scheme variate.

Elementele principale care trebue să formeze utilajul KRU sunt: întrerupător de înaltă tensiune, transformatoare de curent, bare colectoare, contacte de priză, izolatoare suport şi de trecere, instrumente de evidenţă şi măsurat, protecţie prin releu. Autorii desvoltă schemele de construcţie ale acestor elemente.

IVANOV *A. G.*: *Neajunsurile sistemelor de acţionare PS—30 şi PVS—150.* Electriceschie Stanţii, 4 (1951), 57—58.

In exploatarea sistemelor PS—30 şi PVS—150, s'a observat în unele cazuri o funcţionare necorectă a lor, prin faptul că după declanşarea întrerupătorului cu ulei, tija solenoidului interior refuză să se întoarcă în poziţia iniţială.

In toate cazurile, aceasta se explică printr'o nesuficientă rigurozitate în ceeace priveşte reglarea solenoidului interior şi, ca urmare, griparea acestuia.

Răspunzând la această problemă, autorul susţine că acest fenomen este datorit inducţiei magnetice, care creşte cu aproximatov 25%, atunci când temperatura scade dela + 25° C la — 30° C.

Astfel, forţa coericitivă a oţelului crescând, menţine ridicată tija solenoidului interior.

In articol este dată schiţa modificărilor ce trebuesc aduse acestui dispozitiv.

ILIENCO V. V.: *Cuplaj elastic pentru exercitarea generatorilor.* Electriceschie Stanţii, 4 (1951), 57.

La multe din generatoarele străine, legătura dintre arborele generatorului cu arborele excitatricei se realizează cu ajutorul unui cuplaj cu dinţi.

In general, în practică, aceste cuplaje s'au arătat destul de mulţumitoare, însă în ultimul timp au avut loc două cazuri de avarii ale acestor cuplaje.

La una din staţiile la care s'a rupt cuplajul, acesta a fost înlocuit cu un cuplaj elastic, a cărui schiţă sumară este dată în articol.

Prin aplicarea acestui gen de cuplaj, se înlătură uzura părţilor metalice şi nu este necesară ungerea cuplajului, neexistând părţi metalice în frecare.

Neexistând atingeri între părţile metalice ale detaliilor cuplajului, se realizează o bună izolare a arborelui generatorului faţă de arborele excitatricei.

Avantajul acestui tip de cuplaj se mai concretizează şi în faptul că lucrează fără sgomot, este eftin şi se poate construi uşor.

LUCHIANOV E. V.: *Dispozitiv pentru scoaterea rotorilor maşinilor electrice mari.* Electriceschie Stanţii, 4 (1951), 55—56.

Pentru a scoate rotoarele maşinilor electrice mari, trustul „Tentroelectromontaj" foloseşte un dispozitiv, a cărui descriere şi schiţe sunt date în articol.

Principial, acest dispozitiv este construit dintr'un liniar ce se montează pe carcasa maşinii şi deasupra căruia culisează nişte cărucioare prevăzute cu cârlige de tracţiune.

De aceste cârlige se leagă capacele maşinii şi după ce acestea sunt înlăturate, un capăt al axei rotorului este introdus într'o ţeavă, iar după ridicarea cu ajutorul unui cric, este scos afară.

In articol, este dată schiţa de construcţie a căruciorului,

detaliul montării liniarului de carcasa maşinii, precum şi schiţa cricului.

Prin utilizarea acestui dispozitiv, timpul de lucru a fost redus dela trei zile la o zi, iar numărul muncitorilor dela trei-patru la doi.

TAIŢ A. A.: *Discuţii asupra cărţii despre automatizarea maşinilor de acţiune electrică.* Electricestvo, 3 (1951).

Secţia de Electrotehnică Industrială — MONITOR — şi Casa Inginerilor „F. Dzerjinski", a organizat o consfătuire cu cititorii, la care a fost discutată cartea lui A. B. Celiustchin şi F. A. Rosenman: „Dirijarea automată a laminoarelor".

La discuţie au luat parte colaboratorii Institutului de Automatică şi Telemecanică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., reprezentanţii Ministerului Industriei Metalurgice, a diferite trusturi metalurgice şi electrice etc.

La începutul consfătuiriii, doctorul în ştiinţe tehnice I. B. Geiler a făcut o recenzie a acestei cărţi, după care a urmat discuţiile, la care au participat numeroşi ingineri şi candidaţi în ştiinţele tehnice.

In încheiere au luat cuvântul autorii, care au arătat dificultăţile întâmpinate la întocmirea manuscrisului şi au promis că la reeeditarea lucrării, vor ţine seama de obiecţiunile ridicate la această consfătuire.

Consfătuirea a adoptat această rezoluţie, exprimând dorinţa de a se publica materialele acestei consfătuiri în revista „Electricestvo".

EXLER M. B.: *Cuptor electric cu trei camere pentru călirea electrozilor.* Avtoghenoe Delo, 5 (1951), 20—21.

In articol este descris un cuptor electric pentru uscarea şi călirea electrozilor, precum şi modul de deservire şi regimul de lucru al acestuia.

Cuptorul se prezintă sub forma unei construcţii metalice. El este căptuşit în interior şi la exterior cu tablă de oţel. Intre căptuşeli există un strat izolant de asbest având grosimea 100—150 mm.

Partea interioară a cuptorului este împărţită în patru camere, dintre care una pentru încălzirea electrozilor iar celelalte trei pentru uscarea şi călirea acestora.

Incărcarea cuptorului cu electrozi se face cu ajutorul unor vagoneţi speciali.

Menţinerea temperaturii constante în cuptor se face cu ajutorul unor instalaţii speciale, în mod automat.

Energia consumată de cuptor este de 35 kW, iar productivitatea cuptorului este de 2430 electrozi pe ciclul de uscare, care durează două ore.

Actualmente se lucrează la perfecţionarea acestui cuptor în privinţa reducerii consumului de energie şi a îmbunătăţirii indicilor de lucru ai cuptorului.

KAMENESKII M. O.: *N. M. Alexeev — Pionerul întrebuinţării pământului ca conductor pentru transportul energiei electrice.* Electricestvo, 2 (1951), 79.

Autorul descrie cum s'au făcut primele încercări de a întrebuinţa pământul drept conductor, la începutul anului 1882, în oraşul Petersburg (astăzi Petrograd), de către savantul rus N. M. Alexeev.

Deasemenea, se descriu încercările făcute la expoziţia din Paris, în anul 1881, unde N. M. Alexeev a fost reprezentantul în Comisia de Organizare a Expoziţiei din partea asociaţiei tehnicienilor ruşi. Se menţionează ideile lui N. M. Alexeev, expuse în rapoartele sale din anul 1882, la diferite congrese ale asociaţiilor tehnicienilor ruşi, unde raportorul a susţinut mereu posibilitatea de a întrebuinţa cu succes pământul în locul conductorului de întoarcere, precum şi lipsa de pericol pentru om din partea curenţilor ce străbat pământul.

(***): *Marele savant şi inventatorul radioului, A. S. Popov.* Radio, 1 (1951), 3.

Cu 45 ani în urmă, la 16 I, 1906 (31 XII, 1905 st. v.) a murit marele savant rus, inventatorul radioului, Alexander Stepanovici Popov. Fiind cel mai mare fizician şi electrotehnician al epocii sale, şi-a exprimat precis încă în anul 1889 ideea că undele electromagnetice ar putea fi utilizate pentru transmiterea semnalelor la distanţă fără conducţie. In ziua de 7 Mai 1895, la o şedinţă a Societăţii Fizico-Chimice el a comunicat descoperirea primului aparat de radio din lume, iar în Martie 1896, el a realizat pentru prima dată în istoria omenirii o transmisie radiofonică. Din iniţiativa şi sub conducerea sa s'au făcut în 1897 primele experienţe în sensul aplicării radiocomunicaţiei pe vasele flotei ruse. In iarna 1899 a fost deschisă prima linie radiofonică din lume, între insulele Gogland şi Kutsalo, situate în golful finlandic, iar în vara 1901, au fost date în exploatare primele linii de radiocomunicaţii între Rostov pe Don şi Kerson.

Se ştie că savanţii străini burghezi au furat deseori fără remuşcări descoperirile savanţilor ruşi, atribuindu-şi descoperirile şi invenţiile respective.Cu privire la radio s'a întâmplat acelaş lucru, iar presa burgheză venală încearcă şi acuma să-l prezinte pe Marconi ca inventatorul radioului.

Oamenii sovietici sunt mândri de faptul că prioritatea în invenţia epocală a radioului aparţine fiului genial al poporului rus, A. S. Popov.

SILDINEV M. L.: *Oscilografia comutaţiilor.* Electricestvo, 3 (1951). 76—78.

Cand. în ştiinţe tehnice L. M. Sildinev, face o recenzie a articolului lui M. I. Baldwin, publicat în revista „Transations" AIEFT 68, pag. 100 din 1949, tratând despre oscilografierea comutaţiei.

Oscilograful catodic permite obţinerea unei imagini reale a valorilor instantanee ale curenţilor şi tensiunilor în secţiunile bobinajului rotorului indus al maşinii de curent continuu, aflându-se în curs de comutaţie.

Cercetările acestea au fost întreprinse cu scopul de a adânci studierea comutaţiei, în speranţa că rezultatele obţinute vor contribui la perfecţionarea maşinii de curent continuu şi vor lărgi domeniul de folosire a acestuia.

Cititorii revistei „Electricestvo" cunosc lucrările postbelice ale savanţilor sovietici în domeniul folosirii oscilografului catodic, pentru studirea comutaţiei maşinilor de curent continuu, apărute în Nr. 7/1948 al revistei „Electricestvo", deci înainte de apariţia articolului lui M. T. Baldwin.

Este de observat că metoda descrisă în acest referat de oscilografierea curenţilor comutaţiei fără o rezistenţă suplimentară în secţiunea cercetată, a fost aplicată de K. I. Senfev şi colaboratorii lui încă de prin anul 1930.

VINTER A. B.: *In amintirea lui Robert Eduardovici Klasson,* Electricestvo, 4 (1950), 92—93.

Lucrarea de faţă este dedicată de autor savantului ing. Klasson R. E., decedat în anul 1926.

Autorul descrie viaţa şi activitatea ştiinţifică în domeniul energeticei şi electrotehnicei. Se menţionează azi mai multe centrale proiectate şi construite sub directa lui supraveghere. In anul 1913 a fost terminată centrala electrică din regiunea Bogorodsk, lângă Moscova, utilizând ca combustibil turba, care se găseşte în condiţii enorme în jurul Moscovei.

Klasson R. E. este primul care a desvoltat metoda extracţiei turbei prin spălarea cu apă.

Toată viaţa lui Klasson R. E. e plină de o muncă rodnică şi plină de inovaţii în domeniul instalaţiilor electrice. El a căutat mereu rezolvarea problemelor noi ce stăteau în drumul desvoltării electrotehnicei.

Moartea năprasnică, în deplina sa putere, a curmat activitatea lui entuziastă.

ZATELEN M. A., RADOVSKII M. I.: *Kraveţ T. F., membru corespondent al Academiei de ştiinţe din U. R. S. S.*, Electricestvo, 4 (1951), 91—92.

Articolul de faţă este dedicat celor 75 de ani dela naşterea marelui fizician T. P. Kraveţ. Autorul descrie viaţa şi munca în domeniul ştiinţei, menţionând şi câteva lucrări originale în care T. P. Kraveţ tratează probleme în legătură cu aplicarea electricităţii în diferitele domenii ale tehnicei.

T. P. Kraveţ a avut o activitate literară, ocupându-se cu publicarea, sub redacţia lui, a numeroaselor lucrări ale clasicilor ştiinţei, de exemplu: redactarea celor patru volume ale operelor lui M. D. Lomonosov, dedicate fizicei.

Pentru lucrările sale, T. P. Kraveţ a fost decorat de Guvernul Sovietic cu mai multe ordine şi medalii.

Munca şi activitatea lui pe tărâmul ştiinţific antrenează tot colectivul în care îşi duce activitatea marele savant T. P. Kraveţ.

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie, precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil impersonal, clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeţ, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înţelegerii textului. Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9×12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări.
Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeţ, numele şi pronumele complet, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon (instituţie sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

Abonamentele se fac numai prin
Centrul de Difuzare a Presei:

BUCUREŞTI, STRADA CONSTANTIN MILLE, 14 — Telefon: 5.28.90
PROVINCIE: LA SUCURSALELE DIN REŞEDINŢELE REGIUNILOR ŞI RAIOANELOR

Tarif general: Lei 100 anual

Tehnicieni şi ingineri, membrii ai A. S. I. T.: Lei 30 anual

C. 524. — Intreprinderea Poligrafică Nr. 2.

E 1427

KAT

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Mászaki Könyvtár TULAJDONA

ELLENŐRIZVE
1953

TRĂIASCĂ PRIETENIA

ROMÂNO-SOVIETICĂ

10

1435

PENTRU UZ INTERN

EDITURA TEHNICĂ

1952

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Oct. 1952 ★ Nr. 10 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 12 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

	Pag.
CUVÂNTAREA TOVARĂŞULUI I. V. STALIN LA AL XIX-lea CONGRES AL PARTIDULUI COMUNIST AL UNIUNII SOVIETICE	1
* * *: Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie	3
* * *: Primii doi ani ai Planului de Electrificare	6
T. Tănăsescu, prof., membru coresp. al Academiei R.P.R.: Marile descoperiri ale electrotehnicienilor ruşi	10
S. Bainglas, prof.: Măreţele lucrări energetice din U.R.S.S.	13
V. Bunea, ing.: Ajutorul ale tehnicii sovietice în desvoltarea industriei noastre de maşini electrice	19
D. Lăzăroiu, ing.: Toleranţe şi ajustaje în construcţia maşinilor electrice	22
N. V. Boţan, prof. dr. ing.: Asupra posibilităţii de încărcare a cablurilor electrice subterane într'un regim de scurtă durată	30
A. V. Miroliubov, ing. şi *S. S. Racoţan*, ing.: Linia de transportat de energie electrică de 400 kV Cuibâşev — Moscova	34
A. A. Spirin şi *G. V. Vecihaizer*: Măsurarea curenţilor capacitivi cu punere la pământ monopolare în sistemele cu neutrul izolat	40
NOTE — RECENZII	46

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
РЕЧЬ ТОВ. И. В. СТАЛИНА НА XIX СЪЕЗДЕ КОММУНИСТИЧЕСКОЙ ПАРТИИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА	1
* * *: Великая Социалистическая Октябрьская Революция	3
* * *: Первые два года Плана Електрификации	6
Т. ТАНАСЕСКУ, проф.: Великие открытия русских электротехников	10
С. БАИНГЛАС, проф.: Великие энергетические работы в СССР	13
В. БУНЯ, инж.: Содействие советской техники оказанное нашей промышленности электромашин	19
Д. ЛЭЗЭРОЮ, инж.: Допуски и прилаживание в конструкции электромашин	22
Н. В. БОЦАН, проф.: Возможность зарядки подземных электрических кабелей, в сокращённом режиме	30
А. В. МИРОЛЮБОВ, инж. и С. С. РАКОЦАН, инж.: Линия электропередачи в 400 кв. Куйбышев-Москва	34
А. А. СПИРИН и Г. В. ВЕЧХАЙЗЕР: Измерение емкостных токов однополюсного замыкания на землю в системах с изолированной нейтралью	40
ЗАМЕТКИ — РЕЦЕНЗИИ	46

ELENORIZVE
1953

CUVÂNTAREA TOVARĂȘULUI I. V. STALIN

La Congresul al XIX-lea al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice

Tovarăşi!

Permiteţi-mi, în numele Congresului nostru, să exprim mulţumiri tuturor partidelor şi grupurilor frăţeşti ai căror reprezentanţi au onorat Congresul nostru cu prezenţa lor sau care au trimis Congresului mesaje de salut, — pentru saluturile prieteneşti, pentru urările de succese, pentru încredere. *(Aplauze furtunoase, prelungite, care se transformă în ovaţii).*

Pentru noi este deosebit de preţioasă această încredere, care înseamnă hotărîrea de a sprijini partidul nostru în lupta sa pentru un viitor luminos al popoarelor, în lupta sa împotriva războiului, în lupta sa pentru menţinerea păcii. *(Aplauze furtunoase, prelungite).*

Ar fi greşit să se creadă că partidul nostru, care a devenit o forţă puternică, nu mai are nevoie de sprijin. Aceasta nu este just. Partidul nostru şi ţara noastră întotdeauna au avut şi vor avea nevoie de încrederea, de simpatia şi de sprijinul popoarelor frăţeşti de peste hotare.

Specificul acestui sprijin este că orice sprijin dat năzuinţelor de pace ale partidului nostru de către orice partid frăţesc înseamnă totodată sprijinirea propriului popor în lupta pentru menţinerea păcii. Când muncitorii englezi, în 1918-1919, în perioada atacului armat al burgheziei engleze împotriva Uniunii Sovietice, au organizat lupta împotriva războiului sub lozinca „Jos mâinile de pe Rusia", aceasta a fost sprijinirea, — sprijinirea în primul rând a luptei propriului popor pentru pace, iar apoi şi sprijinirea Uniunii Sovietice. Când tovarăşul Thorez sau tovarăşul Togliatti declară că popoarele lor nu vor lupta împotriva popoarelor Uniunii Sovietice *(aplauze furtunoase)*, aceasta înseamnă sprijinirea, — în primul rând sprijinirea muncitorilor şi ţăranilor din Franţa şi Italia, care luptă pentru pace, iar apoi şi sprijinirea năzuinţelor de pace ale Uniunii Sovietice. Acest specific al sprijinului reciproc se explică prin faptul că interesele partidului nostru nu numai că nu contrazic interesele popoarelor iubitoare de pace, ci dimpotrivă, se contopesc cu aceste interese. *(Aplauze furtunoase).* In ceeace priveşte Uniunea Sovietică, interesele ei în general nu pot fi despărţite de cauza păcii în întreaga lume.

Se înţelege că partidul nostru nu poate să rămână dator partidelor frăţeşti şi că el însuşi, la rândul său, trebue să le sprijine atât pe ele cât şi popoarele lor în lupta lor pentru eliberare, în lupta lor pentru menţinerea păcii. După cum se ştie, el chiar aşa procedează. *(Aplauze furtunoase).* După ce partidul nostru a luat puterea în 1917 şi după ce partidul a luat măsuri reale pentru lichidarea asupririi capitaliste şi moşiereşti, reprezentanţii partidelor frăţeşti, admirând curajul şi succesele partidului nostru, i-au dat titlul de „brigadă de şoc" a mişcării revoluţionare şi muncitoreşti mondiale. Prin aceasta ei îşi exprimau speranţa că succesele „brigăzii de şoc" vor uşura situaţia popoarelor care lâncezesc sub jugul capitalismului. Cred că partidul nostru a îndreptăţit aceste speranţe, îndeosebi în perioada celui de al doilea război mondial, când, zdrobind tirania fascistă germană şi japoneză, Uniunea Sovietică a salvat popoarele Europei şi Asiei de primejdia robiei fasciste. *(Aplauze furtunoase).*

Fireşte că a fost foarte greu de a îndeplini acest rol de cinste, atâta timp cât „brigada de şoc" a fost una singură, şi atâta timp cât ea a trebuit să îndeplinească acest rol de avantgardă aproape singură. Dar asta a fost odată. Acum, lucrurile stau cu totul altfel.

Acum, când din China şi Coreea până în Cehoslovacia şi Ungaria au apărut noi „brigăzi de şoc" — ţările de democraţie populară — acum partidului nostru îi este mai uşor să lupte, iar munca a pornit şi ea mai cu spor. *(Aplauze furtunoase, prelungite).*

O atenţie deosebită merită acele partide comuniste, democratice sau muncitoreşti-ţără-

neşti care nu au venit încă la putere şi care continuă să-şi ducă munca sub călcâiul draconicelor legi burgheze. Lor le este desigur mai greu să-şi ducă munca. Totuşi, lor nu le este atât de greu să-şi ducă munca cum ne-a fost nouă, comuniştilor ruşi, în vremea ţarismului, când şi cea mai mică mişcare înainte era declarată cea mai gravă crimă. Totuşi, comuniştii ruşi au rezistat, nu s'au speriat de greutăţi şi au cucerit victoria. La fel va fi şi cu aceste partide.

Dece acestor partide nu le va fi totuşi atât de greu să-şi ducă munca în comparaţie cu comuniştii ruşi din perioada ţarismului?

Pentrucă, în primul rând, ele au în faţa ochilor asemenea exemple de luptă şi de succese ca cele existente în Uniunea Sovietică şi în ţările de democraţie populară. Prin urmare, ele pot învăţa din greşelile şi succesele acestor ţări şi astfel să-şi uşureze munca.

Pentrucă, în al doilea rând, însăşi burghezia, — principalul duşman al mişcării de eliberare — a devenit alta, s'a schimbat în mod serios, a devenit mai reacţionară, a pierdut legăturile cu poporul şi s'a slăbit pe sine însăşi. Se înţelege că şi acest fapt trebue să uşureze munca partidelor revoluţionare şi democratice. *(Aplauze furtunoase).*

Inainte, burghezia îşi permitea să facă paradă de liberalism, apăra libertăţile burghezo-democratice şi îşi crea astfel popularitate în popor. Acum, din liberalism nu a rămas nici urmă. Nu mai există aşa numita „libertate individuală", drepturile individului sunt recunoscute acum numai acelora care au capital, iar toţi ceilalţi cetăţeni sunt consideraţi material uman brut, bun numai pentru exploatare. Principiul egalităţii în drepturi a oamenilor şi naţiunilor a fost călcat în picioare, fiind înlocuit cu principiul drepturilor depline ale minorităţii exploatatoare şi al lipsei de drepturi a majorităţii exploatate a cetăţenilor. Steagul libertăţilor burghezo-democratice a fost aruncat peste bord. Cred că acest steag va trebui să-l ridicaţi voi, reprezentanţii partidelor comuniste şi democratice, şi să-l duceţi înainte, dacă vreţi să strângeţi în jurul vostru majoritatea poporului. Altcineva n'are cine să-l ridice. *(Aplauze furtunoase).*

Inainte, burghezia era socotită drept capul naţiunii, ea apăra drepturile şi independenţa naţiunii, punându-le „mai presus de orice". Acum, din „principiul naţional" nu a rămas nici urmă. Acum, burghezia vinde drepturile şi independenţa naţiunii pe dolari. Steagul independenţei naţionale şi al suveranităţii naţionale a fost aruncat peste bord. Nu încape îndoială că acest steag va trebui să-l ridicaţi voi, reprezentanţii partidelor comuniste şi democratice, şi să-l duceţi înainte, dacă vreţi să fiţi patrioţi ai ţării voastre, dacă vreţi să deveniţi forţa conducătoare a naţiunii. Altcineva nu are cine să-l ridice. *(Aplauze furtunoase).*

Aşa stau lucrurile în prezent.

Se înţelege că toate aceste împrejurări trebue să uşureze munca partidelor comuniste şi democratice care nu au venit încă la putere.

Aşadar, există toate temeiurile să contăm pe succesele şi victoria partidelor frăţeşti în ţările în care stăpâneşte capitalul. *(Aplauze furtunoase).*

Trăiască partidele noastre frăţeşti! *(Aplauze prelungite).*

Să trăiască ani mulţi conducătorii partidelor frăţeşti! *(Aplauze prelungite).*

Trăiască pacea între popoare! *(Aplauze prelungite).*

Jos aţâţătorii la război! *(Toţi se ridică în picioare. Aplauze furtunoase, care nu contenesc vreme îndelungată, transformându-se în ovaţii. Aclamaţii: „Trăiască tovarăşul Stalin!", „Tovarăşului Stalin — ura!", „Trăiască marele conducător al oamenilor muncii din întreaga lume, tovarăşul Stalin!", „Marelui Stalin — ura!", „Trăiască pacea între popoare!". Urale).*

MAREA REVOLUȚIE SOCIALISTĂ DIN OCTOMBRIE

Se împlinesc 35 de ani de când proletariatul rus condus de marele Partid al lui Lenin și Stalin a răsturnat puterea burgheziei creând pe a șasea parte a globului primul Stat Socialist deschizând o eră nou în istoria omenirii, era prăbușirii definitive a capitalismului, era victoriei socialismului în întreaga lume

Tovarășul Stalin arată că „Victoria Revoluției din Octombrie înseamnă o cotitură radicală în istoria omenirii, o cotitură radicală în soarta istorică a capitalismului mondial, o cotitură radicală în mișcarea de eliberare a proletariatului mondial, o cotitură radicală în mijloacele de luptă și formele de organizare, în felul de trai și tradiții, în cultura și ideologia maselor exploatate din toată lumea".

De 35 de ani ziua de 7 Noembrie constitue pentru proletariatul de pretutindeni o zi de trecere în revistă a forțelor sale, un minunat prilej de analiză a succeselor sale, a luptei pe care o duce necontenit împotriva asupririi și exploatării capitaliste. An de an în această zi proletariatul întregii lumi salută cu entuziasm succesele dobândite de oamenii sovietici pe calea construirii socialismului și astăzi a comunismului, el consideră victoriile Țării Sovietelor ca propriile sale victorii și vede în ele chezășia viitorului fericit al întregii omeniri.

Victoria proletariatului rus din Octombrie 1917 și succesele mereu mai mari ale poporului sovietic au pus în fața oamenilor muncii de pretutindeni perspectiva clară a construirii unei vieți mai bune în propriile lor țări. Această perspectivă a devenit o realitate într'un număr de State ale căror popoare eliberate de exploatare construesc socialismul, această perspectivă reprezintă un element de uriașe importanță pentru lupta popoarelor care gem încă sub jugul capitalist. „Principiile proclamate de Revoluția din Octombrie — spune tov. Bulganin cu prilejul raportului său din 6 Noembrie 1950 — unesc în prezent puternicul lagăr al socialismului și democrației în frunte cu Uniunea Sovietică".

Sărbătorim în acest an Marea Revoluție Socialistă din Octombrie în condițiile ascuțirii pe plan internațional a luptei de clasă dintre lagărul mondial al păcii în frunte cu Uniunea Sovietică și lagărul imperialist atâțător la război, în condițiile în care crește și se întărește zi de zi forța celui dintâi și apare din ce în ce mai limpede putreziciunea celui de al doilea. Noul raport de forțe stabilit în lume în urma victoriei istorice a Uniunii Sovietice în cel de al doilea război mondial se întărește din ce în ce mai mult în favoarea lagărului păcii și democrației.

Uniunea Sovietică, reazimul principal al păcii în lumea întreagă, a înregistrat în anul care s'a scurs noi și însemnate victorii. Realizarea numai în 4 ani și 3 luni a celui de al patrulea plan cincinal stalinist și depășirea în acest timp a nivelului industrial dinainte de război cu 44% a întărit condițiile materiale pe baza cărora Statul Sovietic construește astăzi cu succes comunismul.

In cursul ultimului an a fost terminată înainte de termen prima construcție uriașe a comunismului, canalul navigabil Vladimir Ilici Lenin, care unește apele Donului cu cele ale Volgăi. 30 000 km. căi navigabile din bazinul Volga și din bazinele de Nord-Vest sunt puse astfel în legătură cu bazinul Azov—Marea Neagră.

In același timp constructorii sovietici se află angajați din plin în realizarea celorlalte mari construcții ale comunismului. Hidrocentralele gigantice dela Kuibâșev și Stalingrad, Marele Canal Turcmen, Hidrocentrala Cahovca și întregul sistem Sud-Ucrainean capătă viață zi de zi, prin munca eroică a oamenilor sovietici, călăuziți de cea mai înaintată tehnică pe care a cunoscut-o lumea.

Uniunea Sovietică este astăzi mai puternică decât înainte de război; ea poate produce uriașe cantități de bunuri materiale, de mașini și unelte, de cărbune și petrol, de energie electrică, de materiale de construcții și de bunuri de larg consum. Agricultura sovietică a cunoscut deasemenea mari succese pe linia mecanizării tot mai desvoltate a muncilor agricole. Toate acestea au făcut posibile reducerile succesive de prețuri la bunurile de larg consum care reflectă creșterea necontenită a nivelului de trai al oamenilor sovietici.

Congresul al XIX-lea al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice reprezintă un eveniment de uriașe importanță istorică nu numai pentru Uniunea Sovietică ci și pentru întreaga lume. El reprezintă o contribuție însemnată și multilaterală pentru desvoltarea teoriei marxist-leniniste.

Cifrele pe care directivele pentru cel de al cincilea plan cincinal le-au fixat pentru desvoltarea mai departe a Statului Sovietic reprezintă o minunată și concretă perspectivă de viitor pe drumul construcției comuniste. Este suficient să amintim doar câteva: producția industrială va crește cu 70%, ritmul anual în medie fiind de 12% și investițiile capitale fiind de două ori mai mari decât în cursul celui de al patrulea plan cincinal.

Se va pune în funcțiune hidrocentrala dela Kuibâșev și vor continua lucrările hidrocentralei dela Stalingrad.

Va crește de două ori industria de mijloace de producție și se va termina mecanizarea muncilor grele și a celor care cer mult timp.

In agricultură va crește cu 40...50% producția de cereale, se vor crea 5 000 000 ha perdele forestiere și se vor desfășura uriașe lucrări de irigație. Va fi încheiată

mecanizarea completă a principalelor mijloace de muncă agricolă asigurându-se folosirea în proporție de 80—90% a combinelor și răspândirea largă a tractoarelor electrice. Productivitatea muncii în agricultură va crește cu 40% asigurându-se astfel condițiile materiale pentru transformarea muncilor agricole într'o varietate a muncii industriale.

Asigurarea creșterii continue a bunei stări a oamenilor muncii este oglindită de cifre încă neîntâlnite în desvoltarea vreunei orânduiri omenești: venitul național va crește cu 60%, salariul real cu 35% și venitul colhoznicilor cu 40%. In acelaș timp accentul deosebit care se pune pe creșterea nivelului cultural răspunde unei sarcini de bază a societății comuniste: desființarea diferenței dintre orașe și sat.

Este evident că asemenea cifre și prevederi nu pot fi întâlnite decât într'o țară socialistă; ele confirmă victoria socialismului și reprezintă un pas important pe calea construirii comunismului. Cu ele se mândresc comuniștii de pretutindeni și în ele văd oamenii cinstiți din lumea întreagă cea mai sigură garanție a menținerii păcii. Ele reflectă clar, așa cum a arătat încă de mult tovarășul Stalin, dorința sinceră de pace a Uniunii Sovietice, dar întăresc în același timp și capacitatea sa de apărare

Din toate punctele de vedere ele reprezintă o uriașe contribuție pentru cauza menținerii păcii în lume.

Toate aceste succese au fost obținute de poporul sovietic sub conducerea Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, îndrumat de genialele învățături marxist-leninist-staliniste.

De o istorică importanță pentru știința economică marxistă este recenta lucrare a tovarășului Stalin „Problemele economice ale socialismului în URSS". Ca toate lucrările clasice ale tovarășului Stalin, ea vine să îmbogățească teoria marxist-leninistă cu noi teze științifice, constituind o contribuție genială la desvoltarea acesteia, contribuție de uriașe însemnătate teoretică și practică.

Succesele Uniunii Sovietice, victoriile Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, genialele învățături ale tovarășului Stalin constitue o călăuză sigură și un ajutor imens pentru popoarele țărilor de democrație populară care construesc socialismul.

Sub conducerea partidelor comuniste și muncitorești, bucurându-se de sprijinul multilateral al Uniunii Sovietice, aceste popoare au obținut în cursul ultimului an noi și însemnate victorii în opera de construire a socialismului.

In R.P. Polonă a fost pusă în funcție marea Hidrocentrală dela Tyghow și continuă lucrările uriașului combinat metalurgic Nova Hutta. Au început să producă uzinele de autocamioane din Lublin și cele de autoturisme din Varșovia. In R.P. Ungară se desfășoară marea construcție a combinatului metalurgic și a orașului muncitoresc Stalinvaroș. S'a pus în funcțiune hidrocentrala dela Inota și este în curs fertilizarea stepei Hortobagy. In Republica Cehoslovacă continuă cu succes construirea marilor combinate metalurgice „Clement Gottwald" și „Huko" a căror producție va face ca Cehoslovacia să devină a 6-a țară din lume în ceeace privește producția de fontă și oțel. In R.P. Bulgaria au intrat în funcțiune: hidrocentrala „Cervenkov", Combinatul Chimic „Stalin" și s'a dat în circulație calea ferată subbalcanică. In R.P. Albania a fost dată în exploatare hidrocentrala V. I. Lenin de lângă Tirana și continuă lucrările unui combinat forestier și a altor fabrici cari vor contribui la opera de industrializare a țării.

Marele popor chinez a sărbătorit de curând 3 ani dela proclamarea Republicii Populare Chineze. Eliberarea eroicului popor chinez de sub jugul imperialist și gomindanist a reprezentat un eveniment de uriașă importanță istorică, fiind cea mai puternică lovitură dată imperialismului după Marea Revoluție Socialistă din Octombrie și victoria Uniunii Sovietice în războiul împotriva fascismului. Poporul chinez sub conducerea Partidului Comunist Chinez îndrumat de marele său conducător Mao Tse Dun pășește astăzi ferm pe calea socialistă deschisă de Revoluția din Octombrie. „Salvele de tun ale Revoluției din Octombrie, ne-au adus marxism-leninismul" spune Mao Tse Dun. Marele sprijin al Uniunii Sovietice, oglindit în recentele convenții încheiate între cele două State, ajută astăzi poporul chinez în lupta și munca pe care o duce pentru construirea viitorului său fericit.

Succesele dobândite în cursul celui de al 3-lea an al existenței ei de către Republica Democrată Germană dovedesc dorința puternică de pace a poporului german. Față de politica trădătoare a clicei dela Bonn și a lui Adenauer, poporul german arată din ce în ce mai ferm că nu vrea să mai sufere încă odată ororile unui război. Privirile tuturor germanilor se îndreaptă spre Republica Democrată Germană, care cu sprijinul Uniunii Sovietice se desvoltă pe calea unei vieți libere și fericite.

Sunt încă vii în mintea oricui cuvintele limpezi și clarvăzătoare ale tovarășului Stalin: „Existența unei Germanii iubitoare de pace și democratice alături de existența Uniunii Sovietice iubitoare de pace exclude posibilitatea unui nou război în Europa, pune capăt vărsărilor de sânge în Europa, și face imposibilă înrobirea țărilor europene de către imperialiștii mondiali"

In izbitor contrast cu tabloul minunat al desvoltării popoarelor libere se află situația din ce în ce mai dezastruoasă a statelor capitaliste. In America armata de șomeri parțiali și totali numără astăzi peste 20 000 000 de oameni și molima șomajului își face drum din ce în ce mai larg prin țările capitaliste împreună cu bomboanele de gumă și praf de ouă pe care imperialiștii americani le oferă ca hrană de bază popoarelor înfometate ale acestor țări.

Revolta masselor exploatate din intreg lagărul imperialist crește pe zi ce trece, ia formă tot mai organizată. Pentru a o putea stăvili, guvernele țărilor așa zis „democrate" din Apus, urmând ordinele Statelor Unite merg pe drumul întunecat al fascismului. Ele iau măsuri de represiune fățișe împotriva tuturor manifestărilor democratice și pun la cale provocări și asasinate împotriva conducătorilor și fruntașilor comuniști, de felul înscenării regizate de guvernul dolarizat al Franței, vajnicului fruntaș comunist francez Jacques Duclos.

Imperialiștii adâncesc asuprirea colonialistă, continuă agresiune ticăloasă din Coreea și cu ajutorul josnicelor slugi titoiste dela Belgrad și a agenturilor social-democrate de dreapta din celelalte țări capitaliste desvoltă din ce în ce mai fățiș pregătirile la un nou război mondial. Dar în fața manevrelor lor mârșave stă neclintit

şi mereu mai puternic uriaşul lagăr al păcii în frunte cu Marea Uniune Sovietică. Neclintită este voinţa partizanilor păcii din întreaga lume, inclusiv ţările capitaliste, de a nu lăsa ca omenirea să cunoască grozăviile unui nou război. Uneltirile imperialiştilor întâlnesc voinţa fermă de pace a popoarelor, mişcarea partizanilor păcii în fruntea cărora se află marea şi invincibila Ţară a Socialismului victorios, a cuprins astăzi massele cele mai largi ale oamenilor cinstiţi din lumea întreagă şi constitue chezăşia menţinerii păcii. Aşa cum spunea tovarăşul Stalin „Pacea lumii va fi menţinută şi consolidată dacă popoarele vor lua în propriile lor mâini cauza păcii şi o vor apăra până la capăt".

In ultimul an poporul nostru muncitor a dobândit noi succese în lupta pentru construirea socialismului şi apărarea păcii.

La 24 Septembrie Marea Adunare Naţională a adoptat în unanimitate noua Constituţie a Republicii Populare Române, constituţia construirii socialismului. Noua noastră Constituţie înscrie victoriile obţinute până acum de poporul muncitor al Patriei noastre şi constitue o oglindă a perspectivelor minunate ce îi stau în faţă. Ea reprezintă un măreţ tablou al căii fericite a socialismului pe care Patria noastră se află angajată cu paşi siguri. Aşa cum arată şi noua Constituţie, forţa conducătoare în Republica Populară Română este Partidul Muncitoresc Român. Sub conducerea lui încercată, sub îndrumarea tovarăşului Gheorghe Gheorghiu-Dej, oamenii muncii din ţara noastră dobândesc noi victorii în construirea socialismului şi apărarea păcii.

Partidul conduce Patria noastră pe calea victorioasă a socialismului, apără cuceririle poporului muncitor şi principialitatea de clasă a Statului nostru de democraţie populară împotriva încercărilor grupului de deviatori A. Pauker, V. Luca şi T. Georgescu de a introduce propria lor linie oportunistă în activitatea de Stat şi de Partid. Sub conducerea tovarăşului Gh. Gheorghiu-Dej, Partidul a demascat şi lichidat cu hotărîre linia politică oportunistă şi antistatală a deviatorilor de dreapta aplicând la un nivel de înaltă principialitate învăţătura leninist-stalinistă despre partidul de tip nou.

Reforma bănească şi măsurile luate de Partid şi de guvern pentru consolidarea ei, au dat o lovitură puternică elementelor capitaliste de la oraşe şi sate, contribuind în mod hotărît la întărirea politicii de clasă a Partidului nostru. In urma acestor măsuri s'a îmbunătăţit şi se îmbunătăţeşte mereu schimbul de mărfuri între oraşe şi sate, baza economică a alianţei dintre clasa muncitoare şi ţărănimea muncitoare.

S'au împlinit 2 ani dela elaborarea Planului de electrificare. Electrificarea face progrese uriaşe şi planul de electrificare a devenit aşa cum a spus tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej „cauza fiecărui comunist".

Lucrările Canalului Dunăre—Marea Neagră continuă. A fost descoperită şi lichidată la timp banda de sabotori care a încercat să submineze munca paşnică şi constructivă a poporului nostru muncitor.

La Combinatul poligrafic „Casa Scânteii" lucrările continuă într'un ritm rapid, folosindu-se metodele avansate ale constructorilor sovietici, şi el reprezintă de pe acum o mândrie a poporului muncitor din ţara noastră.

Se ridică necontenit nivelul de trai al oamenilor muncii şi creşte nivelul cultural al poporului.

Se lichidează zi de zi moştenirea grea a trecutului — analfabetismul — şi se ridică noi şcoli şi institute de învăţământ superior.

In faţa poporului nostru este deschisă larg perspectiva fericită a construirii cu succes a socialismului. Prin aceasta el aduce aportul său concret la marea cauză a menţinerii păcii în lume.

Dar poporul muncitor din Patria noastră nu uită că asemenea succese şi asemenea perspective sunt posibile numai datorită faptului că ţara noastră a fost eliberată de sub jugul fascist de către glorioasele Armate Sovietice, datorită ajutorului frăţesc multilateral pe care îl primim necontenit din partea Marei Ţări a Socialismului.

Victoria Marei Revoluţii Socialiste din Octombrie a deschis şi patriei noastre calea fericită spre socialism. La a 35-a aniversare a Revoluţiei din Octombrie poporul nostru îşi manifestă recunoştinţa şi dragostea fierbinte pentru Uniunea Sovietică şi marele său conducător, tovarăşul Stalin. El îşi manifestă această recunoştinţă luptând zi de zi pentru socialism, pentru pace, călăuzindu-se în lupta sa de experienţa glorioasă a marelui Partid al lui Lenin şi Stalin.

PRIMII DOI ANI AI PLANULUI DE ELECTRIFICARE

In şedinţa plenară din 26 Octombrie 1950 a Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Român, tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej a prezentat Raportul asupra planului de electrificare şi folosire a apelor. Raportul a fost aprobat, iar pentru realizarea sarcinilor, s'a hotărît mobilizarea tuturor organizaţiilor de partid, a instituţiilor de stat, a organizaţiilor de masă, a oamenilor de ştiinţă, inginerilor şi tehnicienilor precum şi a întregului popor muncitor din Republica Populară Română.

Alcătuit pentru o primă etapă de 10 ani, planul de electrificare are o serie de obiective, dintre care primul este extinderea termocentralelor existente în 1950.

Planul de electrificare mai cuprinde o serie de obiective importante şi anume: valorificarea raţională a resurselor energetice prin folosirea combustibililor inferiori şi în general a oricărui combustibil care nu poate fi utilizat mai bine în alt domeniu; — folosirea complexă a apelor pentru producerea energiei electrice în centrale, pentru irigarea regiunilor secetoase, crearea de căi navigabile interioare, prevenirea inundaţiilor, asanări şi recuperări de terenuri, etc.; — electrificarea treptată a căilor ferate şi a transportului în comun în oraşe; — electrificarea principalelor munci agricole şi pătrunderea electricităţii la ţară pentru ridicarea nivelului tehnic al agriculturii şi creşterea productivităţii muncii în agricultură; — ridicarea nivelului cultural şi a bunei stări a poporului prin folosirea energiei electrice în trebuinţele casnice, dispensare, cămine culturale, precum şi instalarea de cinematografe şi posturi de radioficare la sate; ridicarea rapidă a regiunilor pe care regimul burghezo-moşieresc le-a lăsat în înapoiere, prin crearea noilor baze energetice şi folosirea complexă a apelor.

Electrificarea necesită crearea unor baze industriale proprii, pentru producerea maşinilor electrice şi a aparatajului necesar, în care scop se prevede desvoltarea fabricilor de motoare electrice şi generatori electrici „Electroprecizia", „Electromotorul", „Dinamo", precum şi a fabricilor „Electromagnetica" şi „Radio-Popular"; deasemenea întemeierea fabricii „Electro-Putere" pentru motoare, generatori şi transformatori de mare putere şi a unor fabrici de materiale electro-izolante, de cabluri, aparataj electric, etc.

Aceste au fost, în linii largi, sarcinile trasate de planul de electrificare pentru prima etapă de 10 ani, pentru industria energetică şi cea electrotehnică.

In ce priveşte electrificarea rurală, se prevede pentru primul cincinal introducerea energiei electrice în circa 2000 sate şi în primul rând în SMT-uri, gospodării agricole de stat şi gospodării agricole colective şi anume: circa 50% prin racordări la reţelele de înaltă tensiune, iar restul de 50% pe baza micilor centrale locale, dându-se preferinţă acelora care vor folosi căderea apelor.

Elaborat sub îndrumarea directă a tovarăşului Gheorghe Gheorghiu-Dej şi pus în discuţia Academiei Republicii Populare Române, planul nostru de electrificare este aplicarea în practică a învăţăturilor leninist-staliniste despre electrificare, ca unul din principalele mijloace pentru crearea bazei tehnice a socialismului în ţara noastră. El înseamnă folosirea experienţei uriaşe a Uniunii Sovietice în domeniul electrificării şi acel al realizării întregului complex de lucrări legate de folosirea raţională a apelor şi combustibililor.

Construirea bazei tehnice a economiei socialiste, prin mecanizarea şi electrificarea proceselor de producţie în industrie şi agricultură, ridicarea productivităţii muncii, crearea de instituţii culturale, educative, sanitare, etc. au ca rezultat final ridicarea nivelului de trai al poporului muncitor.

*
* *

Concepţia clarvăzătoare şi îndrăzneaţă a planului de electrificare reiese mai bine în evidenţă în lumina realizărilor din cei doi ani ce au trecut dela elaborarea planului de electrificare.

Şantierele centralelor hidro şi termoelectrice, în plină desvoltare, sunt mărturie a efortului făcut de oamenii muncii pentru înfăptuirea planului de electrificare. Muncitorii, tehnicienii şi inginerii din centralele electrice duc o luptă dârză pentru ridicarea puterii disponibile a uzinelor noastre electrice. Au crescut parametri instalaţiilor existente şi indicii tehnico-economici de utilizare a puterii instalate.

In August 1952, au intrat în funcţiune primele două termocentrale din plan, prevăzute pentru anul 1953.

Termocentrala „Gh. Gheorghiu-Dej" dela Doiceşti, datorită înaltei concepţii tehnice, inspirată de principiile energeticei sovietice, cea mai înaintată din lume, datorită ajutorului sovietic multilateral, termocentrala dela Doiceşti este cea mai mare uzină electrică construită până acum în ţara noastră şi este prima uzină proiectată, construită şi montată în întregime în ţară.

Conceperea şi construirea termocentralei dela Doiceşti reprezintă un succes deosebit al constructorilor noştri. La elaborarea proiectelor, au lucrat îndeosebi inginerii tineri, formaţi în anii regimului nostru democrat-popular, şi care au folosit larg documentaţia ştiinţifică şi tehnică sovietică.

Nenumăratele maşini, în majoritate sovietice, cum sunt puternicele excavatoare, granicele electrice pentru 400 tone, etc. au contribuit la scurtarea termenului de efectuare a lucrărilor prin mărirea productivităţii muncii.

Punerea în funcţiune a centralei dela Doiceşti înseamnă un progres important pe linia valorificării raţionale a ligniţilor, a căror folosire, la întregul potenţial al uzinei, va însuma o economie de 600 tone păcură pe zi. Aşezarea termocentralei în centrul unei regiuni carbonifere în plină desvoltare va face mari economii în cheltuielile de transport.

Instalaţiile de cărbuni, secţiile de sfărâmare benzile transportoare, morile pentru pulverizarea cărbunelui, podul rulant, toate sunt automatizate. Celelalte operaţii şi procese până la producerea de energie electrică se efectuiază deasemenea mecanizat, cu comanda dela distanţă.

Securitatea muncii este asigurată printr'un sistem de blocaje pneumatice care împiedică pe manipulant să facă manevre greşite.

Pentru alimentarea cu apă a termocentralei s'a realizat o construcţie hidrotehnică complexă, formată dintr'un baraj pe râul Ialomiţa, instalaţii de captare şi denisipare precum şi o serie de conducte de aducere şi evacuare a apei.

Echipamentul termocentralei a fost furnizat de Republica Cehoslovacă în cadrul acordurilor economice existente şi constitue o expresie a celei mai noi tehnici. Pentru instalarea şi punerea la punct a întregii termocentrale, au sosit în ţară şi au luat parte la lucrări un grup de tehnicieni, ingineri şi muncitori cehoslovaci care au trecut cu dragoste tovărăşească inginerilor şi tehnicienilor noştri experienţa lor în materie.

Energia produsă la Doiceşti crează posibilităţi noi de desvoltare a industriei din regiunile Bucureşti, Ploieşti şi Oraşul Stalin. Marile uzine industriale din aceste centre vor putea astfel fi îndestulate cu energie electrică. Se va putea realiza electrificarea forajului şi extracţiei petrolifere şi se va putea alimenta calea ferată electrică Câmpina-Oraşul Stalin.

Termocentrala Ovidiu II construită pe traseul Canalului Dunăre-Marea Neagră a fost construită de tineret, căruia Partidul i-a încredinţat în Ianuarie 1951 această sarcină. Mii de tineri mobilizaţi de U.T.M. au venit pe şantier din toate colţurile Patriei noastre, răspunzând cu entuziasm încrederii arătate pe Partid, muncind cu elan şi dârzenie pentru ridicarea acestei măreţe construcţii.

Termocentrala Ovidiu II este concepută şi proiectată în întregime de specialiştii din Uniunea Sovietică, la baza proiectelor fiind cele mai înaintate cuceriri ale tehnicei sovietice. Maşinile şi utilajul, fabricat în întregime în U.R.S.S., arată superioritatea de necontestat a tehnicei sovietice. Declanşarea automată a instalaţiilor de rezervă, regulatorul de tensiune al generatorului, comanda dela distanţă a agregatelor, aparatele perfecţionate de măsurat, camera de comandă cu aparatele ei de mare precizie, aparatajul pentru laboratorul electric, toate de înaltă perfecţie tehnică, fac din termocentrala Ovidiu II cea mai modernă uzină electrică din ţară.

Intreg echipamentul termocentralei este de cea mai modernă construcţie asigurând automatizarea întregului proces de producţie a energiei electrice.

Ajutorul sovietic a fost hotărîtor pentru construirea termocentralei Ovidiu II, începând dela cel mai mic aparat şi până la marea turbină cu 3000 ture/min.

Termocentrala Ovidiu II este principalul furnizor de energie electrică pentru şantierul canalului Dunăre-Marea Neagră. Ea va da un avânt puternic industriei ce s'a creat şi se desvoltă pe acest şantier.

Pe vastul şantier al centralei hidroelectrice „V. I. Lenin" dela Bicaz, lucrările continuă într'un ritm sporit. Escavaţiile cele mai dificile şi anume cele din sectorul tunel, au fost încredinţate brigăzilor de tineret; se lucrează deasemeni la escavaţiile dificile sub apă pentru a se putea începe ridicarea barajului.

Se lucrează în acest timp şi hidrocentrala dela Moroeni.

Se înfăptuesc astfel cuvintele tovarăşului Gheorghe Gheorghiu-Dej din Raportul politic al C.C. la Conferinţa Naţională a P.C.R. din Octombrie 1945: .....„se va purcede la electrificarea căilor ferate şi întrebuinţarea masivă a energiei electrice în desvoltarea tuturor industriilor noastre. Deasemenea prin extinderea reţelei de curent electric, se va putea introduce lumina şi forţa electrică până şi în cel mai îndepărtat cătun al ţării, ridicându-se astfel nivelul de viaţă şi de cultură al plugărimii noastre....."

Electrificarea rurală se realizează treptat pentru a scoate din întuneric în cursul primului cincinal de cinci ori mai multe sate decât cele electrificate de burghezo-moşierime în timp de 60 ani. In multe sate (Cetatea de Baltă, Sâmbăta de Sus, Mugeni, etc.) s'au instalat turbine de lemn de tip Sokolov. In altele s'a folosit motorul existent adăogându-i un generator adecvat (Perieţi şi Amara, raionul Slobozia). S'au recondiţionat motoare şi generatori scoşi din uz şi s'a electrificat cu ei unele comune (Tătaru, Regiunea Constanţa). Sute de sate au fost electrificate în ultimii ani, fie prin racordare la liniile de înaltă tensiune, fie prin microcentrale termo- şi hidroelectrice. Cele 503 arii de treeraî electrificate în anul 1952, folosirea energiei electrice în atelierele SMT, în gospodăriile agricole de stat şi colective, apropie munca agricolă de cea industrială şi întăresc alianţa dintre clasa muncitoare şi ţărănimea muncitoare.

* * *

Desvoltarea electrificării cere crearea unei baze industriale proprii pentru fabricarea maşinilor electrice şi a aparatajului necesar.

Dela naţionalizare şi până acum, industria socialistă şi-a triplat producţia. Prin sprijinul preţios al U.R.S.S., s'a desvoltat industria grea şi s'au creat noi ramuri industriale. Greutatea specifică a industriei în producţia totală a ţării a atins 60,4% la finele anului 1951, ceeace arată lupta dârză pentru lichidarea înapoierii noastre economice şi transformarea într'o ţară industrial-agrară înaintată. In prezent, se produc în serie maşini şi utilaje pentru care am fost până acum câţiva ani tributari statelor imperialiste.

Industria electrotehnică este o creaţie exclusivă a regimului nostru democrat-popular Maşinile electrice necesare industriei erau mai înainte importate. In toată ţara existau doar 7 ateliere electromecanice mai mari care făceau reparaţii cu materialele şi piesele importate.

Industria noastră electrotehnică produce astăzi o bună parte din maşinile electrice precum şi utilajul necesar, în condiţii din ce în ce mai bune. Această industrie a fost ridicată prin sprijinul personal al tovarăşului Gheorghe Gheorghiu-Dej, folosind strălucita experienţă a industriei electrotehnice sovietice şi ajutorul permanent şi multilateral al Uniunii Sovietice.

Marea uzină de maşini electrice „Electro-Putere" dela Craiova fabrică maşini rotative, transformatori, agregate, etc. Ea a devenit un centru tehnico-ştiinţific care polarizează energiile şi experienţele în construcţia de maşini şi în legătură cu Institutul de Maşini Electrice permite formarea inginerilor necesari mersului înainte al industriei electrotehnice. Succesele în producţie ale colectivului acestei întreprinderi au fost recunoscute prin acordarea Drapelului Roşu al producţiei pentru industria electrotehnică pe primul semestru al anului 1952.

Fabrica „Dinamo", întemeiată prin stăruinţa şi sprijinul personal al tovarăşului Gheorghe Gheorghiu-Dej este deasemenea o fabrică nouă; ea reprezintă dinamismul industriei noastre electrotehnice, prin lupta pentru îndeplinirea planului, prin crearea de sortimente noi, prin străduinţa de a lichida lipsurile, prin cucerirea Drapelului Roşu al producţiei pe ramură industrială. In 1948, „Dinamo" nu era decât un modest atelier meşteşugăresc.

Pentru fabricarea de materiale electroizolante, necesare fabricării maşinilor, aparatajului şi produselor electrotehnice, a luat fiinţă fabrica „Electroizolantul", după proiectul executat în U.R.S.S. Folosind experienţa sovietică primită direct şi prin tehnicienii noştri care s'au specializat în U.R.S.S., această fabrică a început să producă o serie de materiale izolante.

La fel se desvoltă necontenit „Electromotorul", „Electroprecizia", „Electromagnetica", „Electromecanica", „Electro-Far", etc.

Intreprinderile electrotehnice fabrică în prezent echipament electric pentru industria petroliferă, precum şi pentru liniile de ciment; pentru industria extractivă carboniferă; se fabrică diferite tipuri de motoare antigrizutoase, care oferă cele mai bune condiţii de lucru în ce priveşte securitatea şi protecţia muncii. Deasemenea se fabrică în ţară echipament electric pentru po-

duri rulante, alternatori şi grupuri electrogene, etc. Pentru industria hârtiei, fabricăm motoare pentru defibratori iar pentru suflantele cuptoarelor siderurgice, se fabrică electromotoare puternice.

Pe şantierul centralei hidroelectrice dela Bicaz şi la Canalul Dunăre-Marea Neagră se utilizează electrocompresoare fabricate în ţară. Fabricile noastre produc echipament electric pentru tractoare şi troleybuze, transformatori până la 5600 kVA, convertizori de frecvenţă de 8000 kW, ascensoare pentru mărfuri şi persoane, agregate de sudură de 500 A, ventilatoare tubulare pentru mine, aparataj de protecţie de înaltă şi joasă tensiune, amplificatori, contori, întrerupători, separatori de 110 kV, izolatori de înaltă tensiune până la 1000 kV, izolanţi (pertinax, textolit, etc.) aparate electrocasnice, etc.

Considerând producţia din 1948 drept 100%, industria electrotehnică a înregistrat în 1949 o producţie de 240%, în anul 1950 a realizat 420% iar în 1951 peste 700%.

In cinstea zilei de 23 August, ziua eliberării noastre de către glorioasa Armată Sovietică, colectivele întreprinderilor electrotehnice au reuşit să depăşească planul de producţie globală pe primii doi ani din Cincinal. Datorită metodelor sovietice de lucru şi prin desvoltarea întrecerilor socialiste, s'a realizat la 15 August 1952 planul valoric de producţie globală pe primii doi ani la următoarele întreprinderi electrotehnice în proporţiile indicate: „Electrotehnica" 174%; „Electromotorul" 150%; „Electroprecizia" 149%; „Electromecanica" 141%; „Dinamo" 114%; „Acumulatorul" 103%; „Electro-Banat" 103% şi „Steaua Electrică" 100%.

In ce priveşte planul cantitativ de motoare electrice, în kW, pe primii doi ani din Cincinal, a fost îndeplinit până la 15 August în următoarele proporţii: „Electroprecizia" 154%, „Electromotorul" 137% şi „Dinamo" 123%.

In această industrie sunt în prezent 161 stahanovişti şi 1310 fruntaşi. La fabrica „Dinamo" brigăzile stahanoviste lucrează în contul anului 1955. La aceeaşi fabrică, productivitatea muncii pe cap de muncitor a crescut pe semestrul I al anului 1952 cu 19,08% faţă de semestrul II al anului 1951, iar salariul a crescut cu 9,6% pe cap de muncitor, în aceiaşi perioadă.

Desvoltarea rapidă a industriei electrotehnice a cerut o organizare a protecţiei muncii în acelaşi ritm cu creşterea producţiei. S'au înregistrat unele succese în acest domeniu. Astfel, în trimestrul I din anul 1952, numărul îmbolnăvirilor profesionale s'a redus la un sfert faţă de epoca corespunzătoare a anului trecut. La „Electromagnetica", „Electromotor şi „Dinamo" s'au introdus inovaţii pentru evitarea accidentelor la maşinile de presat, iar la „Acumulatorul" s'au luat măsuri pentru micşorarea numărului şi gravităţii îmbolnăvirilor cu plumb printr'o mecanizare mai mare a proceselor fabricate, aşa cum se face în U.R.S.S. Se lichidează astfel lipsa de grijă din timpul regimului burghezo-moşieresc, când nu exista preocupare faţă de sănătatea şi viaţa muncitorului.

*
* *

Toate succesele industriei noastre electroenergetice, electrotehnice şi ale electrificării ţării, obţinute în aceşti doi ani ai planului de electrificare, nu ar fi fost cu putinţă fără ajutorul multilateral şi permanent al Uniunii Sovietice. Documentaţii şi proiecte de fabrici şi maşini, materii prime şi semifabricate, maşini şi aparataje, consilieri şi tehnicieni şi mai presus de toate împărtăşirea minunatei şi vastei experienţe de 35 ani în materie de construire a bazelor tehnice şi economice ale socialismului şi comunismului, sunt pentru noi un ajutor preţios, fără de care nu am putea construi socialismul în ţara noastră. Datorită sprijinului U.R.S.S., noi avem nepreţuitul avantaj de a construi socialismul cu mijloacele tehnice, organizatorice şi metodele avansate şi experimentate ale constructorilor comunismului.

Victoriile obţinute în aceşti doi ani arată grăitor că planul de electrificare a R.P.R. începe a fi tradus în viaţă. Fiecare victorie crează însă sarcini noi.

In faţa muncitorilor, tehnicienilor, inginerilor şi funcţionarilor, stau sarcini de mare răspundere: mărirea productivităţii muncii printr'o bună organizare a producţiei, îmbunătăţirea permanentă a calităţii produselor, micşorarea rebuturilor, reducerea sistematică a preţului de cost, promovarea inovaţiilor şi raţionalizărilor, la care trebue să contribue şi cercurile ASIT din întreprinderi, folosirea la maximum a utilajului şi a tehnicei înaintate, a metodelor şi experienţei sovietice, descoperirea rezervelor interne din locurile de producţie pentru realizarea tuturor indicilor, ridicarea calificării muncitorilor şi tehnicienilor, etc.

Succesele repurtate în cei doi ani dela aprobarea planului de electrificare însufleţesc pe muncitorii, tehnicienii şi inginerii din industria energetică, electrotehnică şi electrificare. Ei păşesc înainte, sub conducerea Partidului, pentru a cuceri noi victorii în anii următori, pentru a îndeplini — după măreţul exemplu al constructorilor comunismului — planul cincinal şi planul de electrificare înainte de termen.

MARILE DESCOPERIRI ALE ELECTROTEHNICIENILOR RUȘI

Prof. T. TĂNĂSESCU
Membru coresp. al Academiei R. P. R.

Autorul arată că principalele trepte în desvoltarea electrotehnicii sunt inițiate și consolidate de cercetările și invențiile savanților ruși, care dacă nu au avut totdeauna un sufficient răsunet mondial, aceasta se datorește concursului slab primit din partea instituțiilor țariste

Bazele principale în desvoltarea electricității și aplicațiilor ei din ultimele două secole sunt studiile și experiențele continue ale învățaților ruși.

După ce Lomonosov a pus bazele fizicei și chimiei prin enunțarea legii conservării materiei și energiei, după ce el a pus pela 1756 primii pioni în studiul electricității prin elaborarea primelor teorii cu baze reale în acest domeniu, învățații ruși au continuat cercetările descoperind mereu noi fenomene electrice.

Astfel, pe la 1800 găsim la Academia Medico-chirurgicală dela Petersburg pe profesorul de fizică Vasili Vladimirovici Petrov, cercetând cu îndrăzneală și experimentând cu perseverență problemele complexe ale electricității. El se detașează de fizicienii contemporani prin spiritul lui pozitiv de cercetare.

In Aprilie 1802 găsim în laboratoarele lui cea mai mare pilă galvanică din lume, dela acea epocă, 2 100 elemente așezate în serie, cu care experimentează în special descărcarea prin arc electric, arcul lui Petrov. Este prima dată în electricitate când s'a cunoscut arcul electric. Abia după 10 ani Humphry Davy a reprodus acest arc; totuși în Apus pe nedrept Petrov este uitat și se atribue învățatului englez paternitatea arcului electric.

Petrov nu s'a mărginit la descoperirea arcului electric ci l-a cercetat din toate punctele de vedere și a pus în evidență proprietățile lui remarcabile atât de utile în scopuri practice. Astfel, el a propus primul folosirea arcului electric pentru iluminat. El a descris experiențele sale de utilizare a arcului în metalurgie la topirea și sudarea metalelor. El a descoperit electrometalurgia prin aceea că înlocuind unul din electrozii de cărbune printr'un metal a stabilit cum, prin flacărea arcului electric, metalele se pot transforma în oxizii lor și că invers din oxizi, se pot obține metale.

Arcul electric descoperit de Petrov prezintă în istoria electrotehnicei o importanță asemănătoare cu importanța mașinii cu aburi în desvoltarea industriei mecanizate. După ce arcul a folosit în secolul trecut ca prim și unic mijloc în iluminatul electric, el continuă să se utilizeze și azi în aparatele cinematografice și în numeroase aplicații industriale metalurgice. Petrov trebue considerat ca primul electrotehnician rus.

Se știe că în domeniul electricității atmosferice Lomonosov și G. V. Richman au experimentat în Rusia încă pe la 1750 independent de lucrările din același timp ale lui Benjamin Franklin din America. Se mai știe că, G. V. Richman și-a sacrificat viața în aceste experiențe, fiind omorît de trăznet în 1753.

După 50 de ani, pe la 1812, găsim pe Vasili Nazarovici Carazin studiind utilizarea energiei electrice din atmosferă.

El era contemporan cu Petrov, avea o cultură științifică multilaterală pe care o aplica intens în scopuri practice. Carazin a fost cel care a descoperit că prin trecerea scânteilor prin aer, se pot obține compuși azotați care pot constitui materia primă pentru prepararea îngrășămintelor artificiale. El a elaborat astfel un proiect de producere a „silitrei electrice", din izvoarele de energie atmosferice. In acea epocă singurele surse de electricitate erau mașinile electro-statice și pila lui Volta. Proiectul lui de „dispozitiv" electroatmosferic consta din construcția unor baloane legate jos la pământ de niște sfere argintate din cupru. Academia de Științe din acel timp s'a opus proiectului cu toată intervenția lui Petrov, care mai recomanda în alternativă soluția cu zmee electrice izolate, pentru captarea energiei electrice.

Trebue să recunoaștem că acest proiect îndrăzneț pentru acele timpuri, este încă și azi o preocupare a electrotehnicienilor. Cercetătorii sovietici caută azi metode de cucerire a electricității atmosferice.

Telegraful electric a fost a doua aplicație cu răsunet în desvoltarea electricității. Inventatorii ruși ocupă aci locul de frunte. Incă din 1812 Pavel Lvovici Siling, erou al războiului din 1812 pentru apărarea Patriei, demonstrează în acest an la Petersburg, cum pentru explozia unei mine submarine se poate folosi curent galvanic, într'un cablu submarin. In 1832 Siling realizează și pune în funcțiune prima instalație practică de telegrafie fără fir din lume, legând Palatul de iarnă cu clădirea Ministerului Comunicațiilor dela Petersburg. Aparatul său, sub o formă perfecționată, a fost prezentat în 1835 la un congres internațional, la Bonn. Acolo el a fost recunoscut ca rezolvând pentru prima dată cu succes deplin problema realizării telegrafului electromagnetic.

In 1837 el a început să construiască prima linie de telegraf submarin din lume, între Petersburg și Kronstadt, dar curând după aceea Siling moare.

Este util să adaug că inventatorii citați în istoria telegrafiei, concepută în Apus, sunt Morse în 1852, Ganss, Webber și Wheatstone în 1836, toți după ce Siling realizase primele sale aparate telegrafice.

Telegraful s'a perfecționat în Rusia după moartea lui Siling, De remarcat este primul aparat teleimprimator din lume a lui B. S. Iacobi în 1850, adică cu 5 ani înaintea lui Hughes care

a obținut în 1855 patentul pentru inventarea aparatului său.

Profesorul B. S. Iacobi, academician la Petersburg, este însă și descoperitorul motorului electric. Intr'adevăr amintim că Faraday a demonstrat în 1821 existența forțelor electromagnetice, forțe care se nasc atunci când un conductor electric străbătut de curent este așezat într'un câmp magnetic; în 1833 Lenț, a enunțat în Rusia prin legea sa „Legea lui Lenț" sinteza între fenomenul de inducție și producerea forțelor electromagnetice. Pe aceste baze Iacobi a proiectat și a realizat în 1838 primul motor electric, care putea fi utilizat pentru scopuri practice. Importanța acestei descoperiri nu este numai de ordin practic, dar și de ordin științific, dat fiind că odată cu desvoltarea studiilor fenomenelor electromagnetice, Iacobi și Lenț au elaborat metoda de măsură a intensității curentului și au introdus unități de măsură coherente pentru măsurile electrice.

Este de observat că în acea epocă motoarele electrice erau alimentate din mari baterii galvanice. Astfel, a fost celebră experiența lui Iacobi în 1836, când la Petersburg pe Neva, el a făcut să circule în susul râului o barcă, fără luntrași, acționată de un motor electric, alimentat dintr'o baterie de 320 elemente galvanice.

Tot Iacobi este cel care a inventat galvanoplastia. In 1839 el reproduce în mod curent, prin galvanoplastie, copii de cupru după un original. Pentru invenția sa el a primit premiul Demidov al Academiei de Științe din Rusia și medalia mare de aur a Academiei de Științe Franceze.

Meritele lui Iacobi sunt cu atât mai mari cu cât el a făcut ca invențiile lui să devină un bun al maselor largi, popularizând în diferite limbi descoperirile lui.

Arcul electric al lui Petrov s'a încercat a fi folosit pe scară întinsă pentru iluminatul electric. Erau dificultăți în construcția lămpilor, care trebuiau să conțină un dispozitiv prin care să se mențină mereu aceeași distanță între vârfurile celor doi cărbuni, care se consumau. Dispozitivele propuse conțineau mecanisme și erau în general, greoaie, nefuncționând satisfăcător.

Pavel Nicolaievici Iablocicov, lucrând cu aceste lămpi la căile ferate ruse, și-a propus și a realizat în 1875 o lampă electrică cu arc, originală, fără mecanism; cei doi cărbuni erau montați paralel, izolați cu un strat de caolin; treptat ce cărbunii se consumau se distrugea și stratul de izolant, lăsând loc arcului să înainteze în jos. In modul acesta arderea era asigurată fără vreun reglaj mecanic. Aceasta a fost „lumânarea lui Iablocicov" care a permis marșul triumfal în istoria tehnicei a „luminei ruse". La Paris, la Londra, la Madrid, la Neapole, în palatele Șahului Persiei și a regelui Cambodgelui, pretutindeni „lumina rusă" s'a revărsat și iluminatul electric a devenit într'adevăr public. Iablocicov a făcut ca lumânarea sa să funcționze atât în curent continuu cât și în curentul alternativ ce apăruse în tehnică de atunci. El a obținut atunci și un patent pentru distribuirea electricității cu ajutorul unui transformator, datorită căruia lumânările puteau funcționa independent, pe grupe legate în serie pe un transformator.

Iablocicov a obținut și alte numeroase patente contribuind la aplicarea pe scară largă a electricității în scopuri practice. Astfel între altele el a căutat să realizeze un generator ideal, în care să transforme energia internă a materiei, cum ar fi cărbunele, direct în energie electrică. Aceasta este o importantă problemă deschisă încă și azi.

Iluminatul electric a evoluat destul de repede în jumătatea a doua a secolului trecut; după lampa cu arc a venit lampa electrică cu incandescență, becul electric de care ne folosim și azi. Creatorul becului Alexandru Nicolaevici Lodâghin l-a inventat în 1872. Primul model conținea, într'un balon de sticlă, două fire de cărbune între doi electrozi; la început ardea primul cu o viață de 30...40 minute consumând aproape în totalitate oxigenul din interiorul balonului și apoi intra în funcțiune cel de al doilea fir. Această lampă cu incandescență a fost utilizată pentru iluminatul public încă din 1873.

Când mai târziu Lodâghin a plecat în Franța și apoi în America el și-a găsit lampa realizată și aplicată acolo.

In America Edison „reinventează" lampa cu incandescență în 1879, adică șase ani după realizarea lui Lodâghin.

In fața sprijinului dat de către bancherii din America societății comerciale a lui Edison, Lodâghin este neputincios. Dar energia lui se manifestă în acțiuni constructive. El întrece a doua oară pe Edison construind lămpi cu filament metalic, wolfram, molibden, platină, osmiu, iridiu sau paladiu. Patentul lui Lodâghin are succes și este utilizat de astă dată de firmele Westinghouse și General Electric Company. In următoarele două decenii toate becurile electrice se bazau pe patentul lui Lodâghin.

Astfel Iablocicov și Lodâghin sunt creatorii iluminatului electric.

O altă aplicație importantă a electricității este sudura electrică; se poate spune de asemenea că Rusia este patria sudurii electrice.

Nicolae Nicolaevici Bernardos a patentat în Rusia și străinătate metoda de electrosudură inventată de el în 1885. Sudura aceasta se făcea cu un electrod de cărbune care în atingere cu metalul ce trebuia sudat făcea un arc electric puternic, sub acțiunea temperaturii căruia metalul se topea și apoi se suda. Pe această cale se puteau tăia metalele.

Bernardos a perfecționat treptat metoda de sudură, precizând condițiile de lucru nu numai în aerul liber ci și sub apă, sau într'un curent de gaz. Tot el a propus cel dintâi dirijarea magnetică, suflarea arcului de sudat.

Concomitent cu Bernardos, dar independent de el, ing. N. G. Slavianov a realizat şi el electrosudura, utilizând însă electrozi de metal în locul electrozilor de cărbune.

Atât Bernardos cât şi Slavianov, de fapt au pus în practică ideile lui Petrov, cu privire la folosirea arcului electric.

Un alt fizician şi electrotehnician de frunte rus este Alexandru Grigorievici Stoletov. La expoziţia mondială dela Paris din 1900 au fost expuse minunatele sale descoperiri.

In primul rând el este celebru prin punerea bazelor teoretice în studiul magnetizării materialelor feromagnetice, lucrarea lui fiind publicată în 1872. Pe baza ei a fost posibilă desvoltarea metodelor de proiectare a maşinilor electrice.

Apoi Stoletov în 1888 a studiat trecerea curenţilor electrici prin gaze şi în special efectul fotoelectric. Studiul acestor fenomene a dat posibilitatea desvoltării ulterioare a Electronicei, adică a tehnicei pe care se bazează azi construcţia tuburilor electronice, precum şi sistemele moderne de transmisiuni, automatizări şi telemecanizări.

Desvoltarea transportului şi distribuţiei la distanţă a energiei electrice s'a făcut pe baza utilizării curentului alternativ şi deci a transformatorului. Iablocicov a întrebuinţat încă din 1876 transformatori pentru „fracţionarea curentului" în iluminatul public. Dar cel care a aplicat transformatorul în aplicaţii industriale şi de transport a energiei electrice a fost Ivan Filipovici Usaghin. Plecând dela funcţiunea de vânzător într'un magazin el a studiat singur, s'a ataşat ca laborant la Universitatea din Moscova şi a devenit apoi un renumit om de ştiinţă în Rusia. Cu toate că autorii străini atribue crearea transformatorului unor francezi, în 1884, totuşi Revista „Electricestvo" publică în 1882 un articol despre distribuţia energiei electrice prin inducţie, unde se descrie metoda cu transformatori a lui Usaghin. El a demonstrat atunci posibilitatea de a transmite la distanţă energia electrică prin curent alternativ, idee care în acea epocă nu era încă familiară electrotehnicienilor. Această invenţie a lui Usaghin nu s'a putut însă bucura de o largă apreciere în străinătate dat fiind că nici autorităţile ruse de atunci nu i-au dat concurs eficace şi nici nu a dispus de mijloace materiale ca să-şi plătească taxele pentru obţinerea brevetelor.

Se poate spune că fiecare pas pe care l-a făcut tehnica transmisiunii energiei electrice a fost îndrumat de pionerii ruşi.

Astfel este de menţionat Fiodor Apolonovici Pirotchi care în 1874 a preconizat şi realizat în parte ideea transmisiei energiei la distanţă. El propunea transformarea energiei hidraulice a căderilor de apă, în energie electrică şi apoi transportul pe fire a acestei energii.

Un alt cercetător rus în aceeaşi direcţie este Dimitrii Alexandrovici Lacinov, care a publicat în 1880 o primă teorie a transmisiunii energiei electrice la distanţă. Se ştie că un an mai târziu, în 1881, a avut un răsunet mondial la Congresul Electrotehnicienilor răportul lui Marcel Deprez, asupra transmisiunii şi distribuţiei curenţilor electrici. Concluziile lui Deprez erau aceleaşi ca acelea ale lui Lacinov, Marx şi Engels care au luat cunoştinţă de acest raport a lui Deprez, au evaluat în mod just importanţa transmisiei energiei electrice în evoluţia societăţii.

Lucrările lui Pirotchi şi ale lui Lacinov au fost continuate de inginerul rus Mihail Osipovici Dolivo-Dobrovolschi care în 1891 a realizat cea dintâi transmisiune de curent alternativ din lume, la expoziţia de electricitate dela Frankfurt pe Mein; ea era de 300 CP curent trifazic sub 25 000 V pe o distanţă de 175 km. Dolivo-Dobrovolschi a mai construit un excelent motor de curent alternativ.

El a creat astfel tehnica modernă a curentului alternativ, cu toată opunerea şi critica din acel timp a lui Edison în America.

Dar Dolivo-Dobrovolschi a întrevăzut departe viitorul, prevăzând o revenire la curentul continuu în transmisiunile la mare distanţă, sub foarte înaltă tensiune. Această problemă este studiată azi de electrotehnicienii sovietici şi se prevede realizarea ei în curând.

Intrevăzând măreţul viitor ce se deschidea energiei electrice, Marx a recunoscut detronarea aburului şi ridicarea forţei revoluţionare, a „scânteii electrice". Tehnicienii ruşi au fost printre cei dintâi care au întreprins organizarea uzinelor electrice centrale, la început pentru iluminatul electric şi apoi pentru aplicaţiuni electro-mecanice şi electrometalurgice.

Dar energia electrică nu se transmite numai prin fire; Alexandru Stepanovici Popov, profesor la Şcoala militară din Kronstadt, a demonstrat public la 25 Aprilie 1895, transmisia la distanţă a energiei electrice prin unde, punând în funcţiune primele aparate de telegrafie fără fir, inventate de el.

Data aceasta celebră marchează inventarea Radio-ului, iar Popov este considerat părintele Radio-comunicaţiilor. Geniul lui Popov a rezolvat problema cu o simplitate uimitoare, folosind cele mai simple dispozitive, de altfel cunoscute în fizică.

Este de subliniat că una din contribuţiile importante ale lui Popov este adăugarea antenei la aparatul de recepţie.

Profesorul Popov nu a fost un simplu inventator empiric, el nu a urmărit un interes comercial ca Marconi. Popov a fost erudit fizician care poseda un minunat talent de experimentator; invenţiile sale el le-a desvoltat pe baze ştiinţifice. Deaceea Popov şi-a câştigat stima oamenilor de ştiinţă de pretutindeni şi este considerat cu drept cuvânt părintele Radioului.

Din cele expuse rezultă că toate aceste principale trepte în desvoltarea electrotehnicei sunt iniţiate şi consolidate de cercetările şi invenţiile savanţilor ruşi; dacă lucrările lor n'au avut întotdeauna un suficient răsunet mondial, aceasta

se datoreşte concursului slab primit din partea instituţiilor ţariste.

După victoria Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie, realizată sub conducerea lui V. I. Lenin şi I. V. Stalin, s'au deschis posibilităţi largi pentru victoriile gândirii tehnice. Astăzi creaţiunea electricienilor sovietici se manifestă intens, şi zilnic asistăm la remarcabile realizări, în cadrul măreţelor lucrări de electrificare, prevăzute în planurile cincinale sovietice.

★

ВЕЛИКИЕ ОТКРЫТИЯ РУССКИХ ЭЛЕКТРОТЕХНИКОВ

Резюме

Автор указывает, что главные ступени в развитии электротехники были инициированы и упрочнены исследованиями и изобретениями русских ученых, которые, если и не имели всегда достаточный мировой отклик, это вследствии слабой поддержки со стороны царских учреждений.

MĂREŢELE LUCRĂRI ENERGETICE DIN U. R. S. S.

In directivele adoptate de Congresul al XIX-lea al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice pentru cel de-al 5-lea plan cincinal de desvoltare a U.R.S.S. pe anii 1951/5 se prevede creşterea cu 80% a producţiei de energie electrică în anul 1955 faţă de anul 1950.

Realizările energetice uriaşe de până azi ale Uniunii Sovietice sunt o chezăşie că această creştere va fi adusă la îndeplinire.

Pentru a putea cuprinde în toată amploarea ei această prevedere, trebue să aruncăm o privire asupra dinamicei marilor lucrări energetice din U.R.S.S., considerând desvoltarea energeticei sovietice dela Marea Revoluţie din Octombrie şi până astăzi. Este interesant de urmărit desvoltarea tehnicei folosite, puterea crescândă a turbinelor, cantitatea de energie produsă, etc.

Energetica sovietică are o serie de trăsături caracteristice, în desvoltarea ei. Cele mai principale dintre acestea sunt : construirea de Centrale electrice puternice de folosinţă comună, care alimentează cu energie economia unor mari raioane industriale ; folosirea pe o scară largă a combustibilului local şi a energiei fluviilor din U.R.S.S. prin construirea de centrale hidroelectrice în cascadă ; legarea centralelor electrice într'un sistem energetic, ca verigi ale viitoarei reţele unice de înaltă tensiune a U.R.S.S. ; rezolvarea complexă şi simultană a unei serii de probleme de economie naţională : irigaţie, navigaţie, alimentare cu apă, etc.

Aceste trăsături caracteristice ale energeticei sovietice capătă o valoare şi mai mare în lumina desvoltării uriaşe a forţelor de producţie în U.R.S.S. Ele se îmbină armonic cu măreţul plan sovietic de transformare a naturii, plan care nici nu s'ar fi putut închipui în alte condiţii decât cele ale orânduirii sovietice.

*

Chiar din primele zile ale victoriei Marei Revoluţii Socialiste din Octombrie, Guvernul tânărului Stat Sovietic şi Comitetul Central al Partidului Comunist Bolşevic au acordat o deosebită atenţie problemelor energetice. Uzinele electrice moştenite dela regimul ţarist aveau o putere mică şi se aflau într'o stare de accentuată înapoiere tehnică. In afară de aceasta, ele fuseseră pe jumătate distruse de războiul imperialist şi de cel civil.

In Decembrie 1917, i s'a făcut lui Lenin, la Smolnâi, o expunere asupra resurselor energetice ale Moscovei şi i s'a atras atenţia asupra zăcămintelor de turbă aflate la distanţă de 100 km de oraş. Lenin a conceput transformarea în energie electrică a combustibilului inferior pe locul de extracţie şi transportarea energiei electrice în centrele de consum.

In primii doi ani de putere sovietică, s'au realizat, în condiţii extrem de grele, câteva centrale termoelectrice regionale, pe bază de combustibili locali. Aceste prime realizări, condiţionate de nevoile imediate nu s'au încadrat însă într'un plan de durată.

In 1920, în plin război cu intervenţioniştii, în plin haos economic şi foamete, Lenin a dat ca sarcină întocmirea unui Plan de Stat pe mai mulţi ani, pentru electrificarea Rusiei. La 7 Februarie 1920, a fost creată Comisiunea de Stat pentru electrificarea Rusiei iar la 22 Decembrie 1920, Congresul al VIII-lea al Sovietelor a aprobat Planul de Electrificare cunoscut sub denumirea prescurtată de Planul GOELRO.

Planul GOELRO este alcătuit din două părţi. Partea A prevede reconstruirea, gruparea şi raţionalizarea centralelor electrice existente atunci, în special în regiunile din centru : Moscova, Leningrad, Donbas, etc. Se preconiza ideea electrificării transporturilor pe cale ferată, se trasa sarcina măririi producţiei de energie electrică cu 80% faţă de perioada de dinaintea războiului. Partea B cuprinde construirea, în primii 10...15 ani, a 30 centrale electrice mari, din care 20 termoelectrice şi 10 centrale hidroelectrice, cu o putere totală de 1,5 milioane kW.

Producţia anuală de energie electrică urma să fie de 8,8 miliarde kWh faţă de 2 miliarde kWh în 1913 şi o jumătate miliard în 1920.

In 1925, U.R.S.S. dispunea de centrale electrice cu o putere instalată de 1 397 000 kW şi producea aproape 3 miliarde kWh, iar în 1931, planul GOELRO, prima etapă a construcţiei energeticei sovietice, a fost cu mult depăşit.

Prima din cele 10 centrale hidroelectrice şi din cele 7 de primă urgenţă a fost hidrocentrala Volhov.

Volhov a reprezentat nu numai o realizare concretă a gospodăriei energetice sovietice ci şi un exemplu viu şi sugestiv de electrificarea ţării, a reconstrucţiei tehnice, a mersului înainte spre socialism.

Primul din cei 8 turbogeneratori ai centralei hidroelectrice Volhov a produs energia electrică în toamna anului 1926, la doi ani şi jumătate după moartea lui Lenin. Realizată prin grija marelui Stalin, centrala hidroelectrică Volhov a fost prima victorie energetică a Partidului şi Guvernului Sovietic. Centrala avea o putere de 56 000 kW produsă de 8 turboagregate de câte 7250 kW ceeace înseamnă mult faţă de capacitatea medie de 1400 kW a centralelor de dinainte de Revoluţie. Energia electrică produsă de centrala Volhov era transportată la Leningrad printr'o linie de 100 kV lungă de 130 km. Această hidrocentrală producea anual 365 milioane kWh când în 1916 Petrogradul consuma prin cele 4 centrale de folosinţă comună şi prin cele 200 uzine de folosinţă parţială 479 milioane kWh.

Volhov a constituit un laborator de experimentare, o adevărată şcoală în construcţia hidroenergetică sovietică. Pe şantier s'au rezolvat probleme complexe, s'a născut şi s'a întărit un colectiv numeros de ingineri şi tehnicieni care au lucrat mai târziu la ridicarea altor mari construcţii energetice.

Un loc important în istoria marilor construcţii hidroenergetice sovietice îl ocupă construcţia centralei hidroelectrice *Nijni-Svir*.

Ideea folosirii resurselor energetice ale vijeliosului fluviu Svir, cu apă abundentă, a preocupat şi pe hidrotehnicienii ruşi de diainte de Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie, dar guvernul ţarist nu era interesat în executarea unor asemenea lucrări. Problema folosirii energetice şi pentru transport a fluviului Svir a fost pusă şi rezolvată cu succes de partidul Comunist Bolşevic şi de Puterea Sovietică.

Proiectată cu începere din 1918, construcţia a început abia în 1926, în timpul elaborării primului plan cincinal stalinist al construcţiei socialiste. Dificultăţile tehnice ridicate de condiţiile geologice nemaiîntâlnit de grele pentru o construcţie hidrotehnică a determinat pe experţii străini să vorbească de absurditatea şi pericolul ridicării unei construcţii hidrotehnice pe un asemenea sol. Constructorii sovietici bazându-se pe rezultatele unor cercetări hidrologice multilaterale, pe o analiză amănunţită şi pe un material imens au emis cu mult curaj ştiinţific şi patriotic soluţia lor.

Având sprijinul şi încrederea guvernului sovietic, ei au ridicat o construcţie hidrotehnică unică în felul ei.

Construcţia centralei hidroelectrice Nijni-Svir, care a decurs în condiţii geologice deosebit de grele, a cerut dela colectivul de constructori eforturi mari, dârzenie şi abnegaţie în lupta cu terenurile argiloase alunecătoare. Barajul de beton are o lungime de 220 m şi este înalt de 22 m, îmbinat fiind cu un baraj de pământ şi un dig de 1 km, înalt de 28 m, cu o ecluză navigabilă, care permite trecerea de 6 milioane tone mărfuri pe an.

Centrala hidroelectrică Nijni-Svir a fost dată în exploatare în Decembrie 1933 având o putere instalată de 116 000 kW cu o producţie medie anuală de energie electrică de circa 600 milioane kWh. Cele 4 turbine de câte 29 000 kW fiecare au fost pe aceea vreme cele mai puternice din lume.

Pentru alimentarea Leningradului s'a construit prima linie de 220 kW în lungime de 240 km.

Rezolvarea problemelor complexe şi complicate ale construcţiei centralei hidroelectrice Nijni-Svir constitue un succes unic al hidrotehnicei sovietice şi a făcut ca şantierul să fie denumit cu drept cuvânt: Academia construcţiei sovietice hidrotehnice socialiste.

După 9 ani de funcţionare neîntreruptă centrala Nijni-Svir a fost distrusă de hoardele hitleriste; ea a fost reconstruită însă în mai bune condiţii, după alungarea cotropitorilor.

Centrala hidroelectrică *„V. I. Lenin"*, depe Nipru, cunoscută şi sub numele prescurtat *„Dneproghes"* a fost denumită de tovarăşul Stalin, „creaţia şi mândria poporului sovietic". Această definiţie stalinistă exprimă în mod viu atât importanţa ei în economia naţională cât şi amploarea uriaşă a construcţiei Dneproghesului, la care a participat întreaga ţară. Dneproghesul a fost, în vremea construcţiei ei, cea mai mare centrală hidroelectrică din lume şi este şi azi cea mai mare din Europa.

La 10 Februarie 1927, a fost adoptată de Guvernul Sovietic hotărîrea în legătură cu construcţia centralei hidroelectrice depe Nipru, pentru care s'a stabilit un termen de 5 ani.

Construirea Dneproghesului a fost începută în ajunul primului cincinal, când industria sovietică deabea începuse să depăşească nivelul de dinainte de război. Această măreaţă construcţie poate fi cu drept cuvânt considerată ca unul din cele mai glorioase şi grandioase jaloane în istoria economiei socialiste.

Constructorii Dneproghesului aveau de efectuat 4 milioane m^3 lucrări de terasament, de turnat 1 200 000 m^3 beton, de executat construcţii metalice de circa 35 000 t, etc.

Lucrări energetice şi de construcţi de asemenea amploare nu mai fuseseră executate mai înainte nici în U.R.S.S., nici în alte ţări din lume.

Construirea Dneproghesului, una din cele mai mari construcţii ale primului Cincinal stalinist, s'a realizat cu folosirea numai a resurselor şi forţelor proprii. Executarea lucrărilor a fost încredinţată inginerilor sovietici, în frunte cu acad. A. V. Vinter. Şantierul a fost înzestrat cu

mașinile cele mai moderne și în cea mai mare măsură posibilă, în condițiile de atunci.

Partidul Bolșevic și Guvernul U.R.S.S. au acordat o importanță excepțională construirii Dneproghesului. Grija personală a tovarășului Stalin a însuflețit întregul colectiv de constructori.

O importanță uriașă pentru succesul construcției l-a avut temeinica organizare și pregătirea tehnică. In condițiile acelei vremi, șantierul a fost înzestrat cu o tehnică avansată.

Construcția Dneproghesului a însemnat o rezolvare complexă specific sovietică a problemei Niprului, potrivit necesităților întregii economii naționale.

La 1 Mai 1932, la termenul fixat de guvern pentru terminarea construirii Dneproghesului, primul agregat al hidrocentralei depe Nipru a fost dat în exploatare permanentă și alte trei erau gata de pus în funcție.

La 10 Octombrie 1932 centrala hidroelectrică a fost inaugurată solemn și a primit numele genialului Lenin.

Puterea totală de 558 000 kW era dată de nouă agregate hidroelectrice de câte 62 000 kW fiecare. Turbinele erau dintre cele mai mari, construite până atunci. Producția anuală a Dneproghesului, într'un an cu debit mijlociu de apă, era de 2,9 miliarde kWh.

Dneproghesul a dat Uniunii Sovietice încă în anul 1936 mai multă energie electrică decât produseseră toate centralele electrice ale Rusiei țariste cu 20 ani în urmă. In 1940, Dneproghesul a fost legat printr'o linie de înaltă tensiune cu Donbasul,.

Barajul Dneproghesului constitue unul dintre cele mai grandioase construcții de acest tip, din toată hidrotehnica mondială. Lungimea totală a acestuia este de 760 m și lățimea maximă de 44 m. Barajul a fost construit pe un masiv de granit și are forma de arc cu raza de 600 m. Cele 47 deversoare se închid cu vana plane. Debitul mediu de apă este de 1638 m^3s, iar cel teoretic maxim de 25 000 m^3/s; capacitatea utilă a rezervorului de apă este de 1,1, miliarde m^3 apă.

Termenul de construcție a Dneproghesului a fost cel mai scurt din întreaga practică mondială a construcției. S'au aplicat numeroase inovații tehnice dintre care citâm faptul că ambele poduri de cale ferată au fost construite pentru prima oară, în U.R.S.S., din oțel silicios, ceeace a permis reducerea cu 25% a greutății construcției.

Dneproghesul a permis economisirea a peste un milion de tone cărbuni superiori pe an, atât de prețioși pentru industria chimică și transporturi.

Principala importanță a Dneproghesului constă în faptul că energia electrică eftină a alimentat fără întrerupere timp de 9 ani, dela 1932 al 1941, în anii Cincinalelor Staliniste antebelice, un număr însemnat de industrii și a rezolvat radical problema transporturilor mărfurilor pe Nipru până la Marea Neagră. In timpul războiului, Dneproghesul nu a funcționat, barajul fiind distrus de Armata Sovietică pentru a nu putea fi folosit de cotropitori. In anul 1943, retrăgându-se sub puternica lovitură a Armatei Sovietice, hitleriștii au făcut din Dneproghes un morman de ruine. Dar încă nu se terminase războiul și din ordinul tovarășului Stalin s'a și pornit la lucrările de refacere.

Incepute în 1944, lucrările de refacere și mărire a Dneproghesului au fost terminate la 3 Martie 1947, când au început a fi puse în funcție agregatele uzinei.

Noile turbine, fabricate de industria sovietică constructoare de mașini, depășesc în mare măsură agregatele americane cele mai moderne; ele au o putere de 102 000 CP față de 91 000 ale celor vechi, iar randamentul lor este de 93% față de 90% pentru același gabarit. Acest tip de turbine hidraulice sunt cele mai puternice și cele mai productive din energetica mondială. La finele anului 1949 a fost dat în exploatare la Dneproghes un hidrogenerator de 103 000 kW.

In anii măreților Cincinale Staliniste, s'a înfăptuit și amenajarea fluviului Volga. Ideea amenajării integrale a acestui mare fluviu și a folosirii cât mai rațională a lui pentru navigație, irigație și producere de energie electrică este veche. Academicianul Krjijanovschi a alcătuit încă în 1910 un proiect de a se tăia cotul Volgei dela Cuibâșev printr'un canal, ceeace va da o cădere de 6 m., care va permite instalarea unei centrale hidroelectrice. Țarismul nu a avut interesul nici nu a fost în stare să realizeze acest proiect.

Studiile sistematice pentru alcătuirea sistemului hidroenergetic *„Volga cea Mare"* au început în 1927, când s'a propus schema generală de amenajare a fluviului prin transformarea lui într'un șir de lacuri imense, care să coboare în trepte spre Marea Caspică.

Primele lucrări pe Volga au fost făcute în anii 1932—1937 odată cu construirea Canalului Moscova--Volga. La intrarea în canal a fost amenajată uzina hidroelectrică *Ivancovo* de 28 000 kW. Lacul de acumulare a constituit prima treaptă.

In 1939 a fost amenajat centrul hidrotehnic dela *Uglici* cu o uzină de 110 000 kW.

Noul lac de acumulare a constituit a doua treaptă a Volgii.

In Mai 1941 se deschide calea navigabilă adâncă între Ivancovo și Scerbakov, prin ecluza centrului hidrotehnic *Scerbakov* (fost Râbinsk).

Marea Scerbakov este până azi cel mai mare lac artificial din U.R.S.S. el are 4 550 km^2 și 25 miliarde m^3 apă din care 15 miliarde pentru uzina hidroelectrică dela Scerbakov, Marea Scerbakov este a treia treaptă depe Volga. Puterea uzinei Scerbakov este de 330 000 kW și echiparea ei a fost terminată în primul cincinal postbelic.

In 1949, a început construirea uzinei dela *Gorki*, care va avea circa 400 000 kW putând da peste 1,5 miliarde kW anual.

Mai departe se ridică acum pe Volga cei doi coloși *Cuibâșev* și *Stalingrad*, cele mai mari centrale hidroelectrice din U.R.S.S.

La 27 Iulie 1952, a fost inaugurat și a intrat în exploatare *canalul navigabil Volga-Don*, prima realizare din cadrul uriașelor construcții ale co-

munismului. Canalul Volga-Don este o mărturie vie a forţelor nesecate ale orânduirii socialiste, el arată grăitor superioritatea economiei sovietice, a politicii de pace a U.R.S.S.

Problema canalului navigabil Volga-Don a fost pusă de Statul Sovietic chiar dela începutul existenţei sale. Marele Lenin vorbea de uriaşele transformări ce se vor produce în economia din Sud-Estul Ţării Sovietelor, după construirea unui canal navigabil între cele două mari fluvii.

Proiectate de inginerii sovietici, în perioada 1925—1929, pe baza îndrumărilor tovarăşului Stalin, lucrările canalului au fost începute în decursul Cincinalului Stalinist de înaintea Marelui război al U.R.S.S. pentru Apărarea Patriei. Ele au fost însă întrerupte în timpul războiului şi au fost reluate în 1948. Potrivit sarcinii trasate de Guvernul Sovietic, canalul a fost terminat şi pus în exploatare cu doi ani înainte de termenul de 6 ani fixat pentru executarea lucrărilor.

Canalul Volga-Don nu uneşte numai cele două mari fluvii. Datorită sistemului energetic ,,Volga cea Mare'', canalul Volga-Don leagă toate mările din partea europeană a U.R.S.S. într'un singur sistem de transport pe apă. Noul canal face legătura dintre mările nordice şi cele sudice ale părţii europene a U.R.S.S. între Marea Albă, Marea Baltică, Marea Caspică, Marea de azov şi Marea Neagră.

In afară de folosirea la navigaţie şi irigaţie, apele Donului acumulate în Marea Ţimleanskaia vor produce o mare cantitate de energie electrică. Centrala hidroelectrică dela Ţimleanskaia are o putere de 160 000 kW şi furnizează energie electrică pentru pomparea apei în canal, pentru industrie, pentru irigarea terenurilor şi pentru mecanizarea muncilor agricole din colhozuri, ferme zootehnice, etc. Această centrală electrică fost construită într'un termen record : doi ani.

Ca şi întreg canalul, centrala a fost construită cu ajutorul întregei ţări. Numai la fabricarea utilajului electric, au participat peste 50 întreprinderi diferite.

Uzinele metalurgice ,,Stalin'' din Leningrad au livrat înainte de termen toate turbinele necesare hidrocentralei. Marea uzină ,,Electrosila—Chirov'' din Leningrad a produs puternicii generatori pentru această centrală. Constructorii de maşini din Siberia au livrat macaralele pentru sala de maşini, iar uzina ,,Kalinin'' a furnizat pompele puternice. Pe şantierul Ţimleanskaia au sosit 338 000 vagoane cu maşini, instalaţii materiale de construcţie, uneori descărcându-se peste 1000 vagoane pe zi.

In genere productivitatea muncii pe şantierul Volga-Don a fost de 2,5 ori mai mare decât la construirea canalului Marea Albă — Marea Baltică.

Dela planul GOELRO şi până la Hotărîrile din August 1950 ale Guvernului Sovietic privitor la marile centrale hidroelectrice de pe Volga nu sunt nici 30 de ani. In acest răstimp, U.R.S.S. a întrecut orice ţară capitalistă, în ceeace priveşte ritmul electrificării. După volumul producţiei energiei electrice, Uniunea Sovietică deţine primul loc în Europa şi va întrece în curând Statele Unite ale Americii.

Energetica sovietică planificată slujeşte interesele întregului popor, uşurându-i munca, creeând belşug de bunuri de materiale, ridicând nivelul culturii şi contribuind la construirea comunismului. Bazată pe învăţătura lui Lenin şi Stalin electrificarea U.R.S.S. are un rol uriaş în construirea societăţii comuniste.

Hotărîrile din 1950 ale Guvernului Sovietic cu privire la construirea centralelor hidroelectrice dela Kuibâşev, Stalingrad, Kahovca şi a principalului canal turcmen au o mare însemnătate istorică. Aceste lucrări constitue o etapă nouă în lucrările hidrotehnice, pe care le înfăptueşte poporul sovietic şi care vor folosi pe deplin şi multilateral apele marelui stat socialist, care construeşte comunismul.

Sarcinile puse energeticienilor sovietici prin aceste hotărîri cuprind şi o vastă acţiune de transformare a naturii.

Mai mult ca în primele lucrări de electrificare, astăzi toate problemele energetice ale economiei sovietice sunt rezolvate exclusiv prin metoda complexă, ţinându-se seama de satisfacerea intereselor multilaterale ale diferitelor ramuri ale economiei naţionale.

O grandioasă problemă complexă este realizarea în întregime a schemei ,,Volga cea Mare'', irigarea regiunii sudice a Ucrainei şi a Crimeei precum şi construirea Marelui Canal Turcmen.

Lucrările ce se efectuiază pe aceste mari şantiere în ultimii ani, rezolvă concomitent problemele energeticei, agriculturii, irigaţiei, navigaţiei precum şi problema unei vaste transformări a naturii.

La 21 August, a fost publicată hotărîrea Consiliului de Miniştri al U.R.S.S. cu privire la construirea centralei hidroelectrice dela *Cuibîşev*, pe Volga.

Pentru această centrală hidroelectrică, aşezată pe malul drept al fluviului, se află azi în construcţie un baraj de beton înalt de 45 m şi lung de 950 m. Acest baraj va fi protejat de o parte lungă de 435 m care va cuprinde uzina hidroelectrică şi va fi continuată cu un baraj de pământ lung de 2 600 m, cu o bază de 600 m.

Pentru construirea acestui baraj sunt prevăzute săparea a 100 milioane m^3 de pământ. Se vor face zeci de milioane m^3 terasament şi se vor turna milioane de m^3 de beton. Barajul va avea 48 porţi uriaşe de oţel.

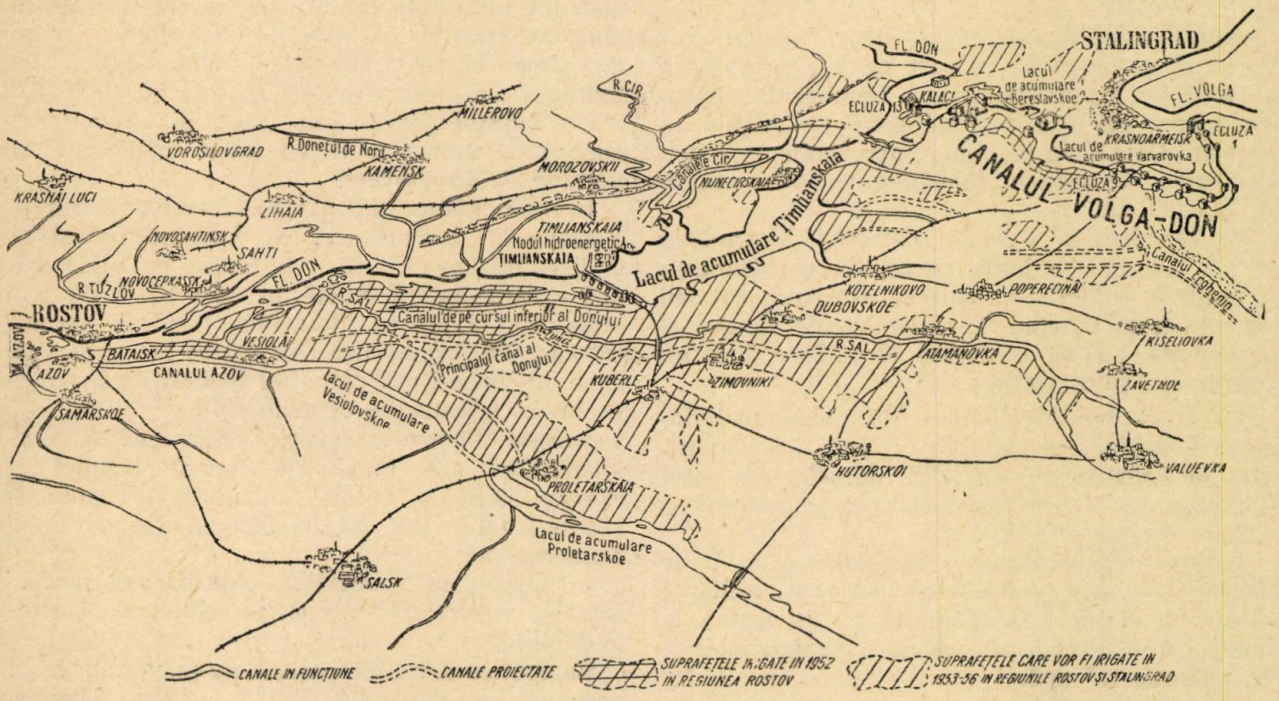
Lacul de acumulare, ce se va forma la spatele barajului se va numi Marea Cuibîşev. Această mare se va întinde în susul fluviului Volga, pe o distanţă de aproape 600 km atingând uneori chiar lăţimea de 50 km şi va avea suprafaţa de 7 400 km^2. Pe malurile acestei mări se vor construi 93 porturi. Lacul va fi adânc până la 25 m şi va permite navigaţia vaselor mari.

Centrala hidroelectrică Cuibîşev va avea o putere instalată de 2 100 000 kW şi va produce 10 miliarde kWh într'un an cu un debit mijlociu de apă. Construcţia va fi terminată în 1955 şi

va constitui cea mai mare centrală hidroelectrică din lume. Ea va alimenta Moscova, Saratov şi Cuibîşev. Transportul energiei la Moscova se va face pe o distanţă de 900 km pe linii de 360/400 kV. Energia produsă va mai servi şi la electrificarea căilor ferate şi la ameliorarea navigaţiei pe Volga. Se vor alimenta staţile de pompare cu ajutorul cărora apa din Volga va fi ridicată în rezervoare speciale, de unde va fi distribuită prin canale speciale, pentru irigarea unor terenuri în întindere tice ale depresiunii Caspice, pentru fertilizarea unor vaste ţinuturi.

Cei doi giganţi hidroelectrici depe Volga vor deveni nodurile principale ale reţelei unice de înaltă tensiune, care va reuni sistemele energetice ale părţii europene a U.R.S.S.

Construirea acestor uriaşe lucrări energetice, cu folosinţă complexă, se bucură de tehnica avansată, experimentată cu atâta succes pe şantierul canalului navigabil Volga-Don.



Harta măreţelor lucrări energetice din U. R. S. S.

de 1,5 milioane ha. Prin aceste lucrări, fluviul Volga va suferi modificări însemnate. Barajul dela Cuibîşev producând acumularea menţionată de apă, lărgeşte mult fluviul. Oraşul Cazan, aflat azi la 5 km de malul Volgii, va fi peste câţiva ani un mare port la acest fluviu.

După un an dela intrarea în funcţie a hidrocentralei dela Cuibîşev va fi terminată şi centrala hidroelectrică *Stalingrad*, care va avea o putere instalată de 1 700 000 kW şi va produce deasemenea 10 miliarde kWh anual, la un debit mijlociu de apă.

Barajul dela Stalingrad va face ca lacul de acumulare să se întindă pe o lungime de 500 km trecând dincolo de Saratov. Lăţimea maximă a lacului va fi de 25 km. Capacitatea lacului de acumulare va fi de 30 miliarde m³, deci ceva mai mică decât la Cuibîşev. Din acest lac, va porni un canal spre fluviul Ural.

Lucrările de pământ se cifrează aci la 100 milioane m³ plus alte 500 milioane m³ la canalele de irigaţie. Lucrările de beton şi beton-armat se urcă la 6,5 milioane m³.

Construirea centralei hidroelectrice din regiunea Stalingrad crează o bază puternică pentru transformarea naturii în vasta regiune depe malurile Volgei, pentru îmbunătăţirea condiţiilor climatice.

Construirea acestor mari centrale hidroelectrice ridică în faţa energeticienilor sovietici probleme ştiinţifice şi tehnice de mare însemnătate. Astfel se studiază transportul energiei electrice în înaltă tensiune, pe distanţe nemai întâlnite până acum în tehnica mondială. Se cercetează fenomenele electrice care pot apare pe aceste linii şi se caută metode de reducere a pierderilor de energie electrică.

Cei doi coloşi depe Volga vor face o economie anuală de 20 milioane tone combustibil la producerea curentului, iar la electrificarea industriei şi transporturi, se vor economisi alte 45 milioane tone de combustibil.

Tot în anul 1951 au început lucrările Marelui Canal Turcmen, care va merge dela Amu-Daria la Marea Caspică. Acest canal, de 1 100 km lungime, va fi construit în 6 ani. O porţiune de peste 500 km va urma vechea albie a râului Uzboi, plină de nisip, care trebue dragat. Pe o însemnată parte, fundul albiei are un strat de sare, gros de 4...5 m, care prezintă mari dificultăţi de dragare.

Pentru devierea apelor fluviului Amu-Daria spre noul canal, se construieşte un baraj pe fluviul Amu-Daria, la Tahia-Taş. Pe traseul canalului, se vor construi alte 2 baraje. Cele 3 uzine hidroelectrice care se vor construi la aceste

3 baraje, vor avea o capacitate totală de 100 000 kW.

Din Canalul Principal Turcmen şi dela barajul dela Tahia-Taş vor porni canale în lungime totală de 1 200 km pentru irigarea terenurilor din regiunile sudice ale şesului pericaspic, din Turcmenia de Vest şi din regiunea cursului inferior al fluviului Amu-Daria. Se vor construi apoi conducte mari, în lungime de 1 000 km, pornind dela canalul principal, pentru aprovizionarea cu apă a întreprinderilor industriale şi a localităţilor populate.

Aceste vaste lucrări energetice vor asigura irigarea şi punerea în valoare pentru agricultură a 1 300 000 ha pentru cultura bumbacului, aprovizionarea cu apă a 7 milioane ha păşuni în deşertul Cara-Cum precum şi apa necesară pentru plantarea de perdele forestiere pe o suprafaţă de 500 000 ha.

La terminarea canalului navigabil Volga-Don „V. I. Lenin", o bună parte din constructorii şi maşinile moderne cu care s'a construit canalul au plecat la Canalul Turcmen, unde munca şi experienţa lor va contribui la a face dintr'un pustiu, un ţinut roditor.

La 21 Septembrie 1950, a fost publicată hotărîrea Consiliului de Miniştri al U.R.S.S. cu privire la construirea centralei hidroelectrice dela Cahovca, pe Nipru, a canalului sud-ucrainian şi a celui din nordul Crimeei.

Puterea hidrocentralei dela *Cahovca* va fi de 250 000 kW, cu o producţie anuală de 1,2 miliarde kWh. Lacul de acumulare ce se va forma la barajul acestei centrale va avea o capacitate de 14 miliarde m^3 apă.

Centrala dela Cahovca va intra în funcţiune în anul 1956, iar sistemul de canale de irigaţie în 1957. Acest sistem va servi la irigarea a 1,5 milioane ha şi aprovizionarea cu apă a 1,7 milioane hectare de pământ.

Dar energetica sovietică nu s'a limitat numai la desvoltarea folosirii apelor în scopuri energetice, ci şi-a îndreptat atenţia şi asupra termocentralelor ţării.

Un principiu de bază în construcţia energeticii sovietice îl constitue folosirea combustibilului inferior şi local, renuţându-se la folosirea petrolului şi cărbunilor superiori, pentru producerea de energie.

Uniunea Sovietică ocupă primul loc în lume, în ce priveşte folosirea turbei sub diferitele ei forme: bucăţi, fărămiţată şi praf. In prezent centralele termoelectrice din U.R.S.S. alimentate cu turbă dau cam 20% din energia electrică totală.

Cărbunii inferiori şi umezi din regiunea Moscovei sunt folosiţi în marile centrale electrice din sistemul Mosenergo, descongestionându-se astfel transporturile de cărbuni din Donbas spre Moscova.

In Donbas, centralele consumă praful rămas dela exploatarea antracitului ca şi reziduurile dela concentrarea cărbunilor, care altă dată nu erau folosite. In Urali, se ard în termocentrale cărbunii inferiori dela Celeabinsk.

In domeniul producerii energiei electrice cu ajutorul termocentralelor, energetica sovietică a înregistrat succese tehnice prin ridicarea parametrilor aburului. Inainte de război, parametrii aburului erau 25...35 at şi 400...450°C. Acum au ajuns la 90...100 at şi 500...510°C, cu tendinţa de ridicare până la 150 at şi 560°C.

Un capitol foarte important în desvoltarea energeticii sovietice îl constitue realizările în materie de *termoficare.*

In 1939, existau în U.R.S.S., 160 centrale termoelectrice de termoficare, ce furnizau industriei şi localităţilor căldură sub formă de abur sau apă caldă. Astăzi există în mai mult de 120 oraşe din Uniunea Sovietică centrale termoelectrice de termoficare. Numai în Moscova s'au legat în ultimii ani câte 400 blocuri de locuinţe pe an la reţeaua de termoficare.

Această folosire energetică complexă a combustibilului sub formă de energie termică şi energie electrică, ridică randamentul combustibilului la 60...70% faţă de 30% la cele mai bune termocentrale.

In fine, prin instalaţiile coxochimice perfecţionate, se valorifică energia chimică a combustibililor.

Energetica sovietică păşeşte pe calea unor mari progrese în cincinalul 1951 — 1955. Directivele Congresului al XIX-lea al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice prevăd asigurarea unui ritm accelerat de creştere a capacităţii centralelor hidroelectrice şi termoelectrice.

In vederea satisfacerei mai complete a necesităţilor crescânde ale economiei sovietice în energie electrică, în timp de cinci ani, capacitatea totală a centralelor electrice din U.R.S.S. va fi sporită de aproximativ 2 ori, iar a hidrocentralelor de trei ori.

Se va pune în funcţie în acest Cincinal Stalinist noua centrală hidroelectrică dela Cuibîşev; deasemenea centralele hidroelectrice de pe Cama, dela Gorki, Mingheceaur, Ust-Camenogorsk, cu o capacitate totală de 1 910 000 kW. Se va continua construirea centralei dela Stalingrad, Cahovca, Cebocsari, şi cele depe Marele Canal Turcmen.

Energetica Sovietică, în necontenită desvoltare, folosind principiile, ştiinţa şi tehnica nouă sovietică, cea mai avansată din lume, contribue într'o mare măsură la construirea comunismului în Uniunea Sovietică.

AJUTORUL TEHNICII SOVIETICE ÎN DESVOLTAREA INDUSTRIEI NOASTRE DE MAŞINI ELECTRICE

Ing. V. BUNEA

In acest articol, se arată contribuţia masivă a tehnicei sovietice, care este în permanenţă în ajutorul tinerei noastre industrii de maşini electrice. Autorul arată cum este folosită de către inginerii şi tehnicienii noştri experienţa sovietică în fabricaţia motoarelor, a transformatoarelor şi a generatoarelor într'una din fabricile de maşini electrice din ţara noastră

Descătuşarea forţelor creatoare de muncă datorită posibilităţilor născute din regimul de democraţie populară, a avut în industria noastră de maşini electrice un efect considerabil. Producţia în acest sector a crescut faţă de 1938 de câteva zeci de ori. Acest progres uriaş nu putea fi nici măcar conceput, necum realizat, dacă nu am fi avut alături în mod continuu, exemplul tehnicei sovietice şi mai ales contribuţia ei efectivă.

La una din fabricile de maşini electrice din ţară, cu ocazia probelor de izolaţie, care se fac la platforma de încercare, foarte multe motoare electrice asincrone străpungeau, cauzând prin aceasta pagube însemnate. Analiza fenomenului de străpungere a arătat că de cele mai multe ori, locul străpuns era situat la eşirea tecii de izolaţie din crestătură.

In fig. 1 *a*, *b*, s'a reprezentat capul de bobină la un motor asincron de fabricaţie curentă, aşa cum era acum câteva luni. Pachetul de tole, are prevăzut la marginea lui, câte două tole de capăt denumite 1 şi 2 în fig. 1. Locul unde se întâmplau străpungerile este însemnat în fig. 1 cu *x*. Tolele de capăt sunt tole, având o grosime de 1 mm, executate dintr'o tablă de o rezistenţă superioară şi se obţin printr'o ştanţare identică cu a tolelor normale cu deosebirea

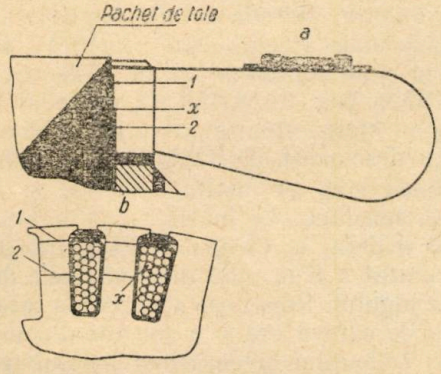


Fig. 1. Capul de bobină la un motor asincron.

că la urmă acestora li se tund vârfurile. Tola însemnată cu 2 este mai scundă ca tola 1, fiind tunsă mai mult. S'a atribuit pe drept cuvânt că aceste străpungeri se datoresc în mare parte vârfului ascuţit, care rezultă după tunderea tolei de capăt. De cele mai multe ori străpungerile aveau loc la tola cea mai scundă, exact aşa cum se arată în fig. 1. La unele maşini de foarte mare serie se ştie că acest lucru, poate fi înlăturat prin aceea că tola de capăt se ştanţează în mod complect separat, cu o altă matriţă, astfel că dintele de capăt este mai îngust. Aceasta reclamă însă o matriţă în plus, o pregătire precum şi o operaţie în plus ceeace este neeconomic pentru o fabricaţie normală de maşini electrice asincrone, unde există o varietate mare de forme de crestături. In cadrul ajutorului tehnic pe care îl primim dela tehnicienii sovietici, toate fabricile de maşini electrotehnice din ţară sunt în posesia unor proiecte din cele mai moderne maşini asincrone. Studiind acest bogat material documentar, s'a văzut că tehnicienii sovietici au rezolvat această problemă pe baza unei tehnicităţi avansate. In fig. 2 s'a reprezentat soluţia sovietică. In această soluţie nic nu mai este nevoie de tolă de capăt specială, executată din tablă mai groasă. Aşa cum arată fig. 2 tola de capăt se obţine din tolele obişnuite normale ale pachetului tunse şi sudate prin trei puncte la un loc. După sudură, dinţii sunt

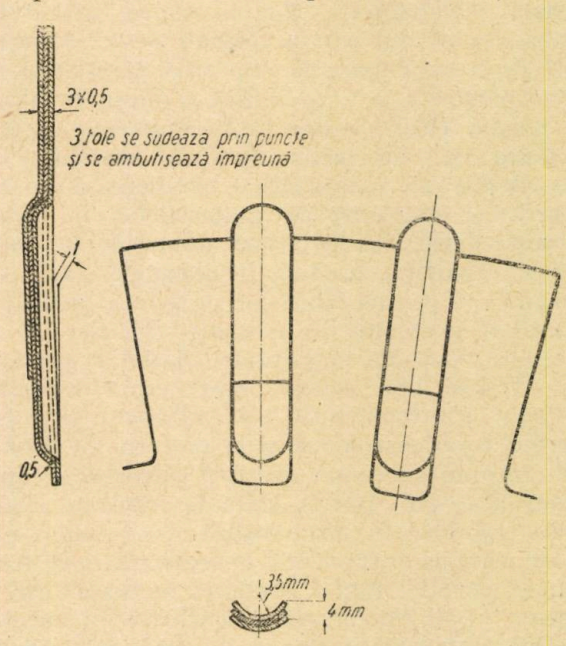


Fig. 2. Soluţia sovietică a tolelor de capăt la motoarele asincrone.

supuşi unei operaţii de ambutisare, aceştia luând o formă de albie, aşa cum se vede în fig. 2 dreapta. Operaţia de ambutisare este una din cele mai simple. Prin acest sistem s'au putut obţine dintr'odată trei lucruri :

1. O tolă de capăt mult întărită de 1,5 mm grosime.

2. Un dinte supraîntărit fiind în formă de albie, care astfel s'a transformat într'un adevărat deget de presare.

3. Un dinte de presare mai îngust ca dintele tolelor normale şi deci înlăturarea pericolului de străpungere.

Bineînţeles că fabrica a căutat să aplice imediat acest sistem pe scară mare şi anume la absolut toate motoarele asincrone. Până la definitivarea acestei situaţii s'a decis ca măsură imediată rotunjirea colţurilor dinţilor tolei de capăt, aşa cum se vede în fig. 3. Nu s'au mai semnalat astfel de străpungeri, după luarea acestor măsuri.

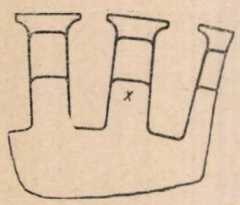


Fig. 3. Soluţia provizorie a tolelor de capăt.

Acest exemplu ilustrează cum tehnica sovietică se împleteşte cu tehnica noastră de maşini electrice formând atât elementul motor al acesteia cât şi elementul sugestie. Deaceea reiese limpede că nu se poate imagina că se va putea într'un simplu articol de revistă să se redea contribuţia uriaşă pe care tehnica sovietică a dat-o şi o dă mereu tinerei noastre industrii de maşini electrice.

Cu ocazia expoziţiei tehnice sovietice, care a fost deschisă în Bucureşti în toamna anului 1949, muncitorii şi tehnicienii, care activau în domeniul fabricaţiei de maşini electrice, au putut vedea aci o serie întreagă de motoare electrice din cele mai diferite tipuri şi pentru cele mai variate întrebuinţări. Tot în cadrul ajutorului tehnic primit din partea Uniunii Sovietice maşinile electrice, expuse la expoziţia industrială, au fost repartizate pe timp limitat la diferitele fabrici de maşini electrice din ţară. Studierea acestor motoare au avut pentru fabricile noastre o influenţă din cele mai pozitive. Studierea sarcinilor electrice şi magnetice ale materialelor, în ceeace priveşte densitatea de curent, inducţiile în dinţi, jug şi repartiţia acestora în diferitele părţi ale maşinii, au permis fabricilor să reducă greutăţile tipurilor existente de motoare electrice şi să realizeze economii importante. Astfel la motorul de 55 kW 1460 rot/min scurt circuit, deschis protejat s'a economisit tolă silicioasă şi cupru electrolitic, deasemenea şi la motorul de 40 kW 960 rot/min s'a economisit tolă silicioasă şi cupru electrolitic, etc. Dar în afară de rezultate economice, fabricile au putut realiza recent unele motoare, care nu ar fi putut fi executate fără ajutorul tehnic sovietic. Astfel, studiind motoarele sovietice cu 2 poli, s'a constatat că tehnicienii sovietici au adoptat pentru juguri inducţii dela 18 000 ...22 000 gauşi şi totuşi maşinile realizate sunt excelente. Ministerul Energiei Electrice a reuşit să obţină date şi metode de calcul din Uniunea Sovietică pentru astfel de maşini, aşa încât una din fabricile de maşini electrice a putut recent să realizeze motoare de 3 000 rot/min cu astfel de inducţii şi care au dat rezultate la platformă absolut identice cu cele obţinute pe bază de calcule. Economiile realizate, solicitând materialul magnetic în acest mod, sunt evident considerabile, rezultatele obţinute au fost foarte bune şi au arătat că se putea merge fără nici o teamă, la cifra maximă de 22 000 gauşi, lucru, pe care această fabrică îl va face în viitor.

Rezultate de acelaşi fel poate chiar de ordin mai important au fost obţinute la construcţia de transformatori. O contribuţie de cea mai mare importanţă în realizarea acestor transformatori o au tovarăşii noştri ingineri, care fiind trimişi în Uniunea Sovietică s'au întors cu date şi cifre concrete puse la dispoziţia lor cu generozitate, de către tehnicienii sovietici. Astfel la transformatorul de 100 kVA s'a putut realiza o economie de cupru electrolitic şi tole silicioase, deasemenea la transformatorul de 560 kVA s'a realizat o economie de cupru electrolitic şi tolă silicioasă, etc. Transformatorul de 5 600 kVA 60 000 V care întruneşte pentru prima dată în ţara noastră, în mod simultan, cea mai înaltă tensiune, cea mai mare putere şi răcire naturală, a avut la bază contribuţia tehnicei sovietice. Astfel strângerea jugului miezului acestui transformator, se face numai cu 5 buloane, în timp ce tipul mai vechi de transformator avea 18 buloane, chiar la puterea mai mică de 2 500 kVA. Constituirea părţii magnetice a transformatorului s'a făcut în sistemul sovietic ţesut, în timp ce tipul fabricat înainte, chiar de putere inferioară, era cu jugul suprapus. Răcirea părţii magnetice se face prin două canale paralele cu suprafaţa tolei. Dacă nu se consultau construcţiile sovietice, s'ar fi făcut un canal de răcire, perpendicular pe tole, foarte greu de executat, etc. Rezultatele foarte favorabile obţinute la platforma de încercare şi în exploatare, au arătat că s'a procedat just, adoptându-se principiile constructive sovietice.

Tot în materie de transformatori la una din fabricile de maşini electrotehnice din ţară s'a aplicat metoda Ing. A. S. Legler la depistarea cu mijloace reduse a defectelor transformatorului din exploatare. Metoda se află expusă în revista „Promâşlennaia Energhetica" 4 (1951), iar principiile ei sunt reproduse şi în „Electricitatea", 1—2 (1952), pag. 6. Astfel s'a procedat la reparaţia unui transformator aflat în exploatare într'un loc descoperit, de 3 200 kVA 35 000/6 000 V conexiunea stea pe înaltă tensiune şi triunghi pe joasă tensiune. Pe înaltă tensiune era scos şi punctul neutru, la un izolator separat. Defectul s'a constatat a fi la unul din buloanele de strângere ale jugului. Reparaţia s'a făcut la faţa locului în timp de câteva ore şi a constat din înlocuirea izolaţiei bulonului şi curăţirea locului respectiv. Inainte de punerea transformatorului în exploatare, existând temeri că în cele câteva ore disponibile, reparaţia putea să fie nesigură, s'a hotărît să se verifice transformatorul prin metoda Ing. A. S. Legler. Acest lucru era uşor posibil, deoarece transformatorul, având pe înalta tensiune toţi 4 izolatori scoşi, se dispunea pe capac de fiecare fază, în mod separat. Toată proba s'a făcut folosindu-se un singur voltmetru de tablou. S'a alimentat cu 5 600 V o fază a bobinajului de 35 000 V şi s'a citit pe celelalte faze 5 200 V şi respectiv 800 V. Dacă transformatorul ar fi fost în perfectă ordine, raportul între cele două tensiuni trebuia să fie circa 1 : 2. In urma acestei probe s'a demontat transformatorul din nou şi

s'a găsit într'adevăr că reparaţia nu era făcută complect şi că mai trebuiau înlocuite şi alte izolaţii. După noua reparaţie, care a durat câteva zile, transformatorul a dat perfectă satisfacţie.

— La una din fabricile de maşini electrice de foarte multe ori se constatau la unele motoare pierderi mari în fier. Consecinţa unor astfel de situaţii se traducea cu încălzirea maşinii peste limitele prototipului şi de multe ori chiar peste limitele admise de STAS şi deci rebutarea maşinii. S'au întreprins o serie întreagă de cercetări bazate pe studii şi documentaţia sovietică. Deasemenea tovarăşii noştri, care au fost la fabrica Dinamo Moscova, ne-au pus la dispoziţie preţiosul material, pe care îl obţinuseră dela tehnicienii sovietici. Din studiul acestui material sovietic a rezultat, că presiunea de împachetare a tolelor motorului este un factor de o însemnătate mare. Motorul de 12 kW tip antigrizutos, care dăduse pierderi mari în fier a fost demontat, despachetat şi refăcut respectând însă cu stricteţe cifrele de presiune de împachetaj sovietice. Rezultatul a fost că pierderile în fier au ajuns la valorile anticipate prin calcul. Mai mult chiar temperaturile au scăzut atât de mult, încât s'a refăcut proiectul iniţial şi s'a ajuns la un motor având o greutate cu circa 20% mai mică.

In ceeace priveşte motoarele antigrizutoase, se poate arăta cu precizie că, acest mare succes al fabricaţiei de maşini electrice din ţară, se datoreşte modelelor şi documentaţiei sovietice, de care s'a putut dispune. Toată seria de motoare electrice pentru minerit, sarcină de onoare, pe care Intreprinderile M. E. E. Electrice a dus-o la bun sfârşit anul acesta, s'a conceput şi s'a făcut cu ajutorul tehnicei sovietice.

Calitatea superioară a generatoarelor fabricate la una din fabricile noastre, se datoreşte documentaţiei sovietice şi în special sfaturilor, pe care tovarăşii noştri sovietici, care ne-au vizitat ţara, ni le-au dat cu generozitate. Constructorii de generatori cunosc dificultăţile care se ivesc la roţile polare, chiar atunci, când se foloseşte cupru bandă îndoit pe dungă. Construcţia şi execuţia unei bobine polare din cupru îndoit pe dungă se face azi la multe din fabricile noastre după tehnica sovietică, ţinând cont de o serie de detalii de cea mai mare importanţă printre care se menţionează :

— După îndoirea pe dungă, colţurile îngroşate se reduc la dimensiunea iniţială.

— Intre spire se pun două benzi de presspan cu interstiţii alternate, lipite cu lac special atât între ele cât şi de banda de cupru.

— După presare şi uscare, totul trebue să formeze un bloc monolit, perfect indeformabil în timp.

Generatorul de 300 kVA fabricat în ţară s'a executat după aceste principii, iar rezultatele la platformă şi în exploatare au depăşit cu mult aşteptările.

Toate cele expuse până aci reprezintă o foarte mică parte din contribuţia masivă a tehnicei sovietice, care a stat şi stă mereu la baza fabricaţiei de maşini electrice din ţara noastră.

Tehnologia fabricaţiei se îmbunătăţeşte incontinuu. Fabricaţia colectoarelor se face azi după metoda sovietică, sistemul de aplicare al toleranţelor, despre care cititorul va găsi în corpul revistei un articol special, se face după tehnica sovietică şi tot astfel izolarea, bobinarea, sistemele de bobinaj alese, impregnarea presspanului a bobinajelor, acoperirea cu lac de acoperire etc, etc., sunt azi cu mult îmbunătăţite, deoa rece au la baza lor sistemele sovietice corespun zătoare.

★

СОДЕЙСТВИЕ СОВЕТСКОЙ ТЕХНИКИ ОКАЗАННОЕ НАШЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАШИН

Резюме

В этой статье указывается большое содействие советской техники, которая постоянно оказывает помощь нашей молодой промышленности электрических машин.

Автор описывает как используется нашими инженерами и техниками советский опыт в фабрикации моторов, трансформаторов и генераторов на одной из фабрик электрических машин нашей страны.

★

TOLERANȚE ȘI AJUSTAJE ÎN CONSTRUCȚIA MAȘINILOR ELECTRICE

Ing. D. LĂZĂROIU

Autorul arată punctul de vedere sovietic în alegerea toleranțelor și ajustajelor, care poate să constitue o directivă pentru industria noastră constructoare de mașini electrice. Practica fabricilor sovietice a ajuns la concluzii științifice, care sunt aplicate în întreprinderi, cu caracter obligatoriu, deși nici în U. R. S. S. nu s'au adaptat asemenea standarde. In articol sunt prezentate sub forma unui tabel recomandările întrebuințării toleranțelor la mașinile electrice.

Toleranțele și ajustajele joacă un rol important în construcția de mașini, inclusiv construcția mașinilor electrice. Un capitol important al tehnologiei construcției de mașini îl constitue aprecierea și alegerea justă a toleranțelor îmbinării diferitelor piese, comportând sau nu ajustaje. Trebue spus că părerile tehnicienilor sunt destul de împărțite în lume, nu numai între diverse țări, dar și între fabricile constructoare ale aceleeași țări. Dacă s'a ajuns la stabilirea unor tablouri de toleranțe, cu caracter mai mult sau mai puțin internațional, nu același lucru se poate spune despre folosirea lor în practica construcțiilor și aplicarea la ajustaje a acestor toleranțe. Lipsa unei directive unitare în acest sens a adus serioase prejudicii, cu atât mai mult cu cât unele păreri erau complet opuse.

Și în Uniunea Sovietică problema aceasta s'a desbătut pe larg, cu tendința de a se adopta standarde care să prevadă toleranțele ce trebue adoptate la diferite îmbinări, conform cu specificul produselor, al utilajului, al scopului urmărit, etc.

Cu toate că nici în Uniunea Sovietică nu s'au adoptat încă asemenea standarde, practica fabricilor sovietice a ajuns totuși la concluzii științifice, care sunt aplicate în întreprinderi, cu caracter obligatoriu, pe linia normelor de fabrică. In acest mod, recomandările pe care tehnica sovietică le impune în domeniul alegerii toleranțelor și ajustajelor reprezintă o contribuție însemnată la introducerea în industrie a unei tehnici noi, înaintate.

Lucrarea de față are drept scop să prezinte punctul de vedere sovietic în alegerea toleranțelor și ajustajelor la construcția mașinilor electrice și să traseze în acest fel o directivă pentru industria noastră constructoare de mașini electrice. Unele fabrici aplică deja depe acum sistemul sovietic de alegere a ajustajelor și toleranțelor.

In practica sovietică, se întrebuințează de regulă sistemul OST „alezaj unitar", dar se întrebuințează și sistemul OST „arbore unitar", însă mai rar și în cazuri speciale ca, de exemplu, în ajustajele rulmenților.

In ceeace privește toleranțele, STAS-ul a adoptat sistemul OST, între cele două standarde existând o anumită echivalență. Conform OST-ului, există 7 clase de precizie, fiecare dintre clase conținând o serie de ajustaje. Pentru toleranțele dimensiunilor libere, la piese care nu formează ajustaje, se fixează 3 clase de precizie, numerotate în continuare în ordinea descrescândă a preciziei.

In mod echivalent, pentru diametre nominale cuprinse între 1 și 500 mm, STAS-ul prevede aceste clase, ca mai jos :

Pentru sistemul „alezaj unitar"

Clasa de precizie	1	2	3	4	5	6	7	8—9—10
STAS	1919—50	1920—50	1921—50	1922—50	1923—50	1924—50	1925—50	2145—51

Pentru sistemul „arbore unitar"

Clasa de precizie	1	2	3	4	5	6	7	8—9—10
STAS	2001—51	2002—51	2003—51	2004—51	2006—51	2007—51	2008—51	2145—51

Reamintim că toleranțele unui ajustaj. se reprezintă deobicei sub forma unei fracții, al cărei numărător reprezintă toleranța alezajului (găurii), iar numitorul toleranța arborelui. De exemplu, un ajustaj blocat în clasa a doua de precizie, sistem alezaj unitar, se notează $\frac{JE2}{td2}$.

Dimensiunile se pun pe desen însoțite fie de simbolul câmpului de toleranțe, fie de limitele însăși ale acestui câmp. De exemplu, putem scrie $\varnothing$ 95 ta3 sau $95^{-0,020}_{+0,015}$. In anumite cazuri, se pot întrebuința combinații de câmpuri de toleranțe luate din clase diferite de precizie (ceea ce este foarte rar) sau din sisteme diferite (alezaj unitar și arbore unitar).

Insfârşit, din considerente tehnologice speciale, se iau în anumite cazuri toleranţe nestandardizate, ceea ce însă nu se recomandă. La alegerea clasei de precizie, trebue a se proceda cu prudenţă, pentru a nu se recomanda clase de precizie mai mari decât cele necesare, fapt ce ar scumpi produsul în mod inutil, în ceea ce priveşte alegerea ajustajului (STAS 1918–50), trebue a avea în vedere condiţiile de funcţionare ale maşinii, precum şi necesităţile de montaj şi mai ales de demontaj (aici se ia în considerare lungimea suprafeţelor de aşezare, cu a cărei mărime este proporţională forţa de presare).

Deasemenea, în legătură strânsă cu clasa de precizie, stă şi prelucrarea care se recomandă. Este greşit de exemplu ca la un ajustaj JE2/sc2 să se prescrie prelucrare ▽ (degroşare), prelucrarea trebuind să fie cu atât mai fină, cu cât precizia este mai mare (numărul clasei cât mai mic) şi toleranţele mai strânse.

O menţiune specială se face pentru ajustajele rulmenţilor. Conform GOST 3325–46, inelul interior se execută cu toleranţe speciale în sistem ,,arbore unitar'', iar toleranţele scaunului respectiv de pe ax se execută în clasa doua de precizie a sistemului ,,alezaj unitar''; inelul exterior al rulmentului se execută deasemenea cu toleranţe speciale în sistem ,,arbore unitar'', iar toleranţele locaşului respectiv, în clasa doua de precizie a sistemului ,,arbore unitar''.

Se dau mai jos, după experienţa sovietică, câteva cazuri caracteristice de întrebuinţare a toleranţelor în construcţia maşinilor electrice, fără a epuiza prin aceasta exemplele tipice ce se pot enumera :

Ajustaj „presat la cald" — p, respectiv „sc 2"

Acest ajustaj se întrebuinţează la o îmbinare de piese, dela care se cere o rezistenţă mare la învârtire, sau deplasare a uneia faţă de cealaltă. Folosirea acestui ajustaj face inutilă în general întrebuinţarea de alte piese de fixare ca : pene, ştifturi, etc.

Imbinarea pieselor se face fie la cald, fie prin presare cu o presiune importantă. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate folosi îmbinarea : ,,roată dinţată de transmisie — ax'' sau ,,jug de presare tole-ax'' la motoarele de tracţiune, înspre partea transmisiei.

Ajustaj „presat" — пр, respectiv „sb 2"

Acest ajustaj dă strângeri mai mici decât ajustajul ,,presat la cald''. Ajustajul ,,presat'' înlocueşte pe cel ,,presat la cald'' în cazul suprafeţelor de aşezare comparativ mari, deoarece oferă o rezistenţă importantă la învârtire sau deplasare, în lipsa oricăror piese speciale de fixare. Deobicei, îmbinarea se execută prin presare la rece, dar se poate face cu succes şi la cald. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate folosi îmbinarea : ,,bucşe rotorică — ax''.

Ajustaj „presat uşor" — пл, respectiv „sa 2"

Acest ajustaj dă strângeri medii sau de două ori mai mici decât ajustajul ,,presat'', deaceea este întrebuinţat în cazul îmbinărilor de piese asupra cărora nu se transmit cupluri sau forţe axiale importante. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate folosi îmbinarea ,,butuc-colector-ax sau bucşe rotorică''.

Ajustaj „forţat" — T, respectiv „tc 2"

Acest ajustaj dă pe lângă strângeri şi jocuri neînsemnate. Deaceea, la întrebuinţarea ajustajului ,,forţat'' este necesar să se prevadă piese de fixare (pene, ştifturi, etc.), care să asigure imobilitatea îmbinării. Asamblarea şi demontarea pieselor necesită eforturi. In acest scop, se utilizează dispozitive speciale sau ciocanul. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate folosi îmbinarea : ,,scut-carcasă'' la motoarele de tracţiune.

Ajustaj „aderent" — H, respectiv „tb 2"

Acest ajustaj dă o strângere maximă neînsemnată şi o strângere medie negativă. Se întrebuinţează la îmbinarea pieselor, care trebue să-şi păstreze poziţia lor relativă, cu ajutorul unor piese suplimentare de fixare. Asamblarea şi demontarea se fac fără eforturi importante, numai cu ajutorul ciocanului. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate servi îmbinarea : ,,scut-carcasă'' la motoarele electrice de macara.

Ajustaj „alunecător" — C, respectiv „je 2"

Acest ajustaj dă o strângere maximă egală cu zero, adică au loc numai jocuri. Piesele îmbinate se pot deplasa cu mâna, dacă suprafeţele de aşezare sunt fin prelucrate şi unse cu ulei sau vaselină. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate folosi îmbinarea : ,,butucul colectorului — inelul în V al colectorului''.

Ajustaj „liber" — X, respectiv „jc"

Acest ajustaj se întrebuinţează pentru îmbinarea pieselor care trebue să se deplaseze relativ uşor una faţă de alta. Jocul are valori importante. Ca exemplu al unui asemenea ajustaj poate folosi îmbinarea : ,,traversa portperiei (capul de cruce) — carcasă sau scut'' la motoarele electrice de macara.

Exemplu special de piese care se asamblează, dar nu formează ajustaje, cerând totuşi precizie mare.

Se dă ca exemplu, asamblarea ,,scut-bucşe de etanşare'' la un motor antigrizutos, piese între care trebue să existe un joc mediu de 0,25 mm, conform normelor. Fie dimensiunea nominală a bucşei : ∅ 121. Jocul de toleranţe se alege în aşa fel, încât jocul mediu total dintre piese să fie în jurul lui 0,5 mm. Se va scrie deci :

$$\frac{\text{scut } \varnothing\ 121{,}5^{+0{,}063}}{\text{bucşe } \varnothing\ 121\ ^{+0{,}022}_{-0{,}018}}$$

adică :

$$\frac{\varnothing 121{,}5\ \text{A2a (JE2)}}{\varnothing\ 121\ \text{П 2 a (ta3)}}$$

jocul minim este 121,5 — 121,022 = 0,478 mm ;
jocul maxim este 121,563 — 120,982 = 0,581 mm
jocul mediu este (0,478 + 0,581)/2 = 0,53 mm.

In continuare, se dau recomandări de toleranţe şi ajustaje diametrale în construcţia maşinilor electrice mici şi mijlocii (limitele aproximative între 1 şi 400 kW). Numai în câteva

TABELA INTREBUINȚĂRII TOLERANȚELOR IN MAȘINILE ELECTRICE

Nr. crt.	Denumirea pieselor care formează ajustaje	Ajustajul OST	Ajustajul STAS	Observațiuni
1	Carcasă / Scut (ansatz negativ)	A / Г	JE 2 / td 2	Pentru motoarele de tracțiune, în condiții grele și medii de funcționare.
	sau			
	Scut / Carcasă (ansatz pozitiv)	A / T	JE 2 / tc 2	Pentru motoarele de tracțiune, în condiții ușoare de funcționare. Pentru motoarele de macara în condiții grele de funcționare.
		A / H	JE 2 / tb 2	Pentru motoarele de macara de curent alternativ și pentru motoarele în execuție capsulată specială (de exemplu antigruzitoase).
		A 2a / C 2a	JE 3 / je 3	Pentru motoarele asincrone de uz general. NOTĂ. Unele fabrici constructoare prevăd toleranțe speciale, într'o gamă ce este în funcție de mărimea intrefierului.
		A 3 / C 3	JE 4 / je 4	Pentru micromotoare.
2	Carcasă / pachet tole stator	A / ПЛ	JE 2 / sa 2	Pentru mașinile de curent alternativ, cu carcasă prevăzută cu nervuri, pachetul fiind prins în scoabe și împachetat pe dorn *). NOTĂ. Se pot alege și alte toleranțe, dar strângerea medie trebue să aibă aproximativ aceeași valoare cu cea indicată aci.
		A,A 3 / C 3	JE2,4 / je 4	Pentru mașinile de curent alternativ cu carcasa fără nervuri. Fiecare tolă este ștanțată bloc cu toleranța C3 (je4) sau C (je2) și se împachetează direct în carcasă, sau se strunjește pachetul pe dorn la C3 (je4).
		A 4 / —	JE 6 / —	Pentru mașinile mari cu tole — sector. Fiecare sector este ștanțat cu înălțimea și coarda C3 (je4).
3	Carcasă / inel de presare tole stator	A, A 3 / C C3	JE2 JE4 / je2 je4	Pentru mașinile de curent alternativ prevăzute cu prag sau opritor încastrat (potcoavă).
4	Carcasă sub poli	A 3	JE4	Pentru mașinile de curent continuu.
5	Locaș casă de borne / Capac casă de borne	A / H	JE2 / tb2	Pentru mașinile cu casa de borne necesară a fi etanșă (de ex. antigrizutoase).
		A / C	JE2 / je2	Pentru mașinile de uz general.
6	Scut / Căpăcel	П(+ / C	TA2 / je2	Pentru mașinile de tracțiune și macara, cu rulmenți cu role.
		A = C(+ / C	JE2 / je2	Pentru mașinile de tracțiune și macara, cu rulmenți cu bile.
		II 2a(+ / X 3	TA3 / jc4	Pentru motoarele asincrone de uz general.
7	Scut, carcasă / Colier port-perie	A, A 3 / X x3	JE2,4 / jc2,4	Pentru mașinile de curent continuu, cu poziția periilor reglabilă.
8	Scut / Cutie inele colectoare	A3 / C3	JE4 / je4	Pentru mașinile de curent alternativ cu cutia inelelor colectoare capsulată.

*) Dornul se execută cu toleranță C (je2) și se consideră uzat la D (jd2)

Nr. crt.	Denumirea pieselor care formează ajustaje	Ajustajul OST	Ajustajul STAS	Observaţiuni
9	Scut sau căpăcel / Inel exterior rulment	$\frac{H^{(+}; TB2}{GOST\ 3325-46}$		Pentru maşinile cu rulmenţi cu role, ce funcţionează în condiţii foarte grele de exploatare.
		$\frac{П^{(+}; TA2}{GOST\ 3325-46}$		Pentru toate maşinile cu rulmenţi cu bile sau role, în condiţii medii şi grele de exploatare.
		$\frac{A=C^{(+}; JE2}{GOST\ 3325-46}$		Pentru toate maşinile cu rulmenţi cu bile, în condiţii uşoare de funcţionare.
		$\frac{A=C^{(+}; JE2}{GOST\ 3325-46}$		Pentru micromotoare.
10	Inel interior rulment / Ax	$\frac{GOST\ 3325-46}{Г; td2}$		Pentru maşinile cu rulmenţi cu role, cu axul $180 < \varnothing < 290$ şi în general pentru maşinile peste 100 kW.
		$\frac{GOST\ 3325-46}{\varnothing\ ^{+0,027}_{+0,015}}$ pt. $\varnothing = 30-50$ $\varnothing\ ^{+0,030}_{+0,017}$ „ $\varnothing = 51-80$ $\varnothing\ ^{+0,035}_{+0,020}$ „ $\varnothing = 81-120$ $\varnothing\ ^{+0,040}_{+0,022}$ „ $\varnothing = 121-180$		Pentru maşinile cu rulmenţi cu role, în condiţii foarte grele de lucru ale motoarelor, unde $\varnothing$ este diametrul axului.
		$\frac{GOST\ 3325-46}{T(rar\ Tl);\ tc2\ (rar\ tc1)}$		Pentru maşinile sub 100 kW, cu rulmenţi cu bile cu $\varnothing > 100$ şi cu role cu $40 < \varnothing < 180$.
		$\frac{GOST\ 3325-46}{H\ (rar\ Hl);\ tb2\ (rar\ tb1)}$		Pentru maşinile sub 100 kW, cu rulmenţi cu bile cu $\varnothing < 100$ şi cu role cu $\varnothing < 40$.
		$\frac{A}{H}$	$\frac{JE2}{tb2}$	Pentru micromotoare.
11	Bucşe rulment / ax	$\frac{T^{(+}}{T}$	$\frac{TC2}{tc2}$	Pentru maşinile cu rulmenţi cu role, bucşa rulment şi inelul interior al rulmentului fiind aşezate pe acelaşi $\varnothing$,
		$\frac{T^{(+}}{T}$	$\frac{TC2}{tb2}$	Idem, pentru rulmenţi cu bile.
		$\frac{A,\ A}{пр\ пл}$	$\frac{JE2,\ JE2}{sb2\ \ sa2}$	Pentru maşinile la care bucşa rulment şi inelul interior al rulmentului sunt aşezate pe diametre diferite.
12	Ventilator / Bucşe ventilator	$\frac{A}{пр}$	$\frac{JE2}{sb2}$	Pentru maşinile funcţionând în condiţii medii şi grele de lucru, inclusiv motoarele de tracţiune şi macara (cele două piese se nituesc).
		$\frac{A}{H}$	$\frac{JE2}{tb2}$	Pentru maşinile de uz general.
13	Bucşe ventilator / Ax	$\frac{A}{пр}$	$\frac{JE2}{sb2}$	Pentru motoarele de tracţiune şi de macara, fără pană.
		$\frac{A}{Г}$	$\frac{JE2}{tb2}$	Pentru celelalte maşini electrice, fără pană.
		$\frac{A2a}{H2a}$	$\frac{JE2}{tb3}$	Idem, cu pană.

Nr. crt.	Denumirea pieselor care formează ajustajul	Ajustajul		Observaţiuni
		OST	STAS	
14	Inel în V / Butuc colector	A / H	JE2 / tb2	Pentru colectorii maşinilor de curent continuu de tracţiune.
		A / C	JE2 / je2	Pentru colectorii celorlalte maşini de curent continuu.
15	Butuc colector / Ax sau bucşe	A / Пр , A / Пл	JE2 / sb2, sa2	Pentru colectorii maşinilor de curent continuu.
16	Jug de presare tole / Prag butuc colector	A / C	JE2 / je2	Pentru maşinile de curent continu (pragul jugului de presare tole se strunjeşte definitiv după aşezarea jugului pe ax).
17	Butuc inele colectoare / Ax sau bucşe	A / Пл	JE2 / sa2	Pentru motoarele asincrone de macara.
		A / Г , A / H	JE2 / td2 , JE2 / tb2	Pentru toate celelalte maşini de curent alternativ (alegerea toleranţelor este în funcţie de lungimea suprafeţelor de aşezare, alegându-se o toleranţă mai strânsă pentru o lungime mică de aşezare),
18	Butuc inele colectoare pentru izolaţie	C3, C4	je4, je6	Pentru motoarele asincrone cu inele.
19	Inele colectoare / Izolaţia butucului	A3 / $Пр3_3$	JE4 / s×4	Pentru motoarele asincrone cu inele (izolaţia butucului din hârtie bachelizată).
20	Bucşe rotorică de fretare / Ax	A1 / $Пр2_1$, A / Пр	JE1 / sb1 , JE2 / sb2	Pentru motoarele de tracţiune, la aşezarea suprafeţei de lungime mai mare.
		A1 / $пр1_1$, A / Пл	JE1 / sa1 , JE2 / sa2	Idem, la aşezarea suprafeţei de lungime mai mică.
		A / пр	JE2 / sb2	Pentru motoarele de macara şi alte maşini, la aşezarea suprafeţei de lungime mai mare.
		A / Пл , A / Г	JE2 / su2 , JE2 / td2	Pentru motoarele de macara şi alte maşini, la aşezarea suprafeţei de lungime mai mică.
		A / H	JE2 / tb2	Pentru maşinile la care una din suprafeţe are aşezarea după conicitate 1 : 10. NOTĂ: Bucşa rotorică de fretare are două suprafeţe de aşezare, dintre care acea de lungime mai mai mare corespunde treptei axului de diametru mai mare şi trebue să fie cu minimum 20 mm mai lungă decât lungimea suprafeţei de aşezare, corespunzătoare treptei axului de diametru mai mic.
21	Butuc rotor / Ax	A / Пр , A / Пл	JE2 / sb2 , JE2 / sa2	Pentru motoarele de tracţiune.
		A / Пл , A / Г	JE2 / sa2 , JE2 / td2	Pentru maşinile de uz general şi de macara. NOTĂ. Alegerea aşezării e în funcţie de lungimea suprafeţei de uşezare.
22	Tole rotor / Ax, butuc rotor; bucşe de fretare	A / Пр , A / Пл	JE2 / sb2 , JE2 / sa2	Pentru motoarele de tracţiune, cu toleranţe mai strânse la viteze mai mari.
		A2a / Пр , A / H	JE3 / sb2 , JE2 / tb2	Pentru maşinile de uz general şi de macara, cu strângere mai puternică la viteze mai mari. NOTA. In cazul împachetării pe dorn, acesta are ∅ C (je 2) şi este considerat uzat când ajunge la ∅ D (jd2).
		A / II	JE2 / tc2	Idem, cu nuturi înclinate.
		A3 / C3	JE4 / je4	Pentru micromotoare (înainte de randalinare)

Nr. crt.	Denumirea pieselor care formează ajustaje	Ajustajul		Observaţiuni
		OST	STAS	
23	Jug de presare tole rotor / Ax sau butuc rotor	A/Гр , A/IIp	JE2/sc2 , JE2/sb2	Pentru motoarele de tracţiune şi de macara, în lipsa unui prag sau opritor montat la cald.
		A/IIp	JE2/sb2	Idem, pentru maşinile de curent alternativ de uz general.
		A/IIa , A/T	JE2/sa2 , JE2/ta2	Pentru motoarele de tracţiune, în cazul când jugul se propteşte într'un prag.
		A/H	JE2/tb2	Pentru maşinile de curent alternativ şi curent continuu de uz general şi de macara, în cazul când jugul se propteşte într'un prag, sau într'un opritor montat la cald.
		A3/C3	JE4/je4	Pentru maşinile cu opritor încastrat (potcoavă).
24	Opritor jug rotor / Ax	Гр(+/H	SC2/tb2	Pentru maşinile de curent alternativ în cazul când opritorul şi jugul rotor sunt aşezate pe acelaşi diametru.
		A/Гр	JE2/sc2	Idem, când opritorul şi jugul rotor sunt aşezate pe diametre diferite.
25	Capătul de ax cilindric	Гр	sc2	Pentru maşinile mari cu şaibă de cuplaj.
		Г	td2	Idem, cu şaibe demontabile, ∅ > 85.
		T	tc2	Pentru maşinile cu şaibă de cuplaj (d ⩽ 220).
		H	tb2	Pentru maşinile cu şaibă de curea (d ⩽ 220). Pentru maşini pe trei lagăre ∅ > 85.
		II	ta2	Pentru micromotoare ∅ < 35.
26	Roată dinţată de transmisie / Ax	A/H	JE2/tb2	Pentru maşinile de uz general şi de macara, cu capăt de ax cilindric.
		∅ ± 0,25 pt. ∅ ⩽ 80 ∅ ± 0,40 pt. ∅ > 80		Pentru motoarele de tracţiune cu capăt de ax conic, cu ∅' = ∅ pt. montaj la rece şi ∅' = ∅ — 0,001 ∅ pentru montaj la cald, iar ∅' este luat A (JE2). NOTA. ∅ corespunde axului, iar ∅' corespunde roţii dinţate.
		∅ — 0,060 pt. ∅ < 80 ∅ — 0,070 pt. ∅ <120 ∅ — 0,080 pt. ∅ <150		Pentru motoarele de macara şi de uz general, cu aceiaşi observaţie pentru ∅'.
27	Inel de etanşare în labirint / Bucşe	A/T	JE2/tc2	Pentru toate maşinile cu etanşare cu inele cu dinţi dreptunghiulari.
28	Dinţii inelului de etanşare / Dinţii scutului sau capătului (şi viceversa)	∅'A3/∅ C3	∅'JE4/∅ je4	Pentru toate maşinile electrice cu etanşare cu inele-labirint, cu dinţi dreptunghiulari (∅' = ∅ + 1 mm).
29	Scut sau căpăcel / Inel de etanşare, ax	∅₀'A3/∅₀ C3	∅₀' JE4/∅₀ je4	Pentru toate maşinile electrice (∅₀' = ∅₀ + 0,6 mm) NOTA. ∅ se alege dintre diametre normalizate.
		∅₀'A4/∅₀ C4	∅₀' JE6/∅₀ je6	Idem, (∅₀' = ∅₀ + 0,3 . . . 0,6). NOTĂ. Toleranţele ∅₀' se aleg mai mici la turaţii mai mari, contra sugerii uleiului.
30	Polii (principali, auxil.) / Diametrul ext. rotor	∅₁ ± 0,15 / ∅ ± 0,15		Pentru maşinile de curent continuu, fără prelucrarea ulterioară a rotorului (∅₁ = ∅ + întrefierul. NOTA. Fiecare tolă rotorică este stanţată cu toleranţa ± 0,07. Alte norme prevăd toleranţa C (je2) sau C3 (je4). Fiecare tolă polară este ştanţată cu toleranţe în clasa II sau a III-a de precizie STAS.

Nr. crt.	Denumirea pieselor care formează ajustaje	Ajustajul		Observaţiuni
		OST	STAS	
31	Diam. int. pachet statoric / Diam. ext. pachet rotoric	$\frac{\varnothing_2 A,A3}{\varnothing C}$	$\frac{\varnothing_2 JE2,4}{\varnothing je2}$	Pentru maşinile asincrone ($\varnothing_2 = \varnothing +$ întrefierul). NOTĂ. Unele fabrici constructoare dau pentru diametrul interior al statorului toleranţe speciale în funcţie de întrefier. Aici toleranţele sunt date pentru cazul prelucrării, ulterioare stanţării (rotorul se decupează din stator). De regulă se prelucrează rotorul, uneori şi statorul. Unele fabrici constructoare prevăd toleranţe speciale, în funcţie de întrefier, variind dela C2a (je3) la C3a (je5), sau limite ±. In cazul prelucrării ulterioare, tolele se stanţează cu un surplus de prelucrare, deobiceiu funcţie de întrefier.
32	Diam. fundului crestăturilor	A3a	JE5	Pentru tolele rotorice şi statorice la maşinile de c. a. ştanţate cu block-schnitt. NOTĂ. Fabricile prevăd adesea toleranţe speciale.
33	Cuzineţ / Ax	$\frac{A}{II}$	$\frac{JE2}{ta2}$	Pentru maşinile sincrone pe lagăre cu cuzineţi.
		$\frac{A}{X}$	$\frac{JE2}{jc2}$	Pentru maşinile de puteri mici, pe lagăre cu cuzineţi.
34	Cuzineţ / Osia vagonului	$\frac{III3^{(+}}{III3}$	$\frac{JA4}{ja4}$	Pentru motoarele de tracţiune cu suspensie tip tramwai.
35	Alezajul lagărului / Cuzineţ	$\frac{A}{H}$	$\frac{JE2}{tb2}$	Idem.
36	Capac închidere lagăr / Corpul lagărului	$\frac{A}{H}$	$\frac{JE2}{tb2}$	Idem.
37	Locaş pană în arbore	$C3^{(+}$	JE4	Pentru toate maşinile electrice, cu toleranţele penelor conform OST/NKM — 4093 şi toleranţa adâncimii locaşului penei + 0,12 . . + 0,2 mm.
38	Locaş pană la tole	$III3^{(+}$	JA4	Pentru maşinile electrice în general, cu toleranţa adâncimii locaşului penei + 0,1 . . . . + 0,2 mm. NOTA, Pentru motoarele de tracţiune şi macara c. c. se pot lua toleranţe speciale ±, dela aproximativ având acelaşi câmp cu $III\,3^{(+}$, respectiv JA4.

cazuri se vor da indicaţii privitoare şi la micromotoare, specificându-se acest lucru în mod expres.

Prezentele recomandări sunt pe linia trasată de experienţa fabricilor sovietice şi constitue o directivă pentru fabricile noastre constructoare de maşini electrice. Aceste date pot forma o bază de plecare pentru alcătuirea unor norme de fabrică, fie pe Minister, fie pe întreprinderi, după specificul fiecăreia.

Recomandările sunt date sub forma unui tabel. Se menţionează că în rubrica „denumirea pieselor care formează ajustaje", se înscrie denumirea pieselor sub formă de fracţie, la numărător fiind piesa care reprezintă alezajul, iar la numitor piesa care reprezintă arborele. In rubrica „ajustajul" — numărătorul va reprezenta simbolul câmpului de toleranţe al alezajului, iar numitorul, simbolul câmpului de toleranţe al arborelui. La această rubrică, se indică toleranţele atât după OST, cât şi după STAS. Simbolii OST notaţi cu asteric (+ arată că toleranţele respective sunt date în sistemul „arbore unitar", având în vedere că standardele sovietice au aceiaşi simboli pentru ambele sisteme: „arbore unitar" şi „alezaj unitar".

Bibliografie:

[1] *Vinogradov V. N.*: Tehnologia producţiei de maşini electrice. Moscova—Leningrad, 1948.

[2] *Moscovschi I. M.*: Tehnologia construcţiei maşinilor electrice. Moscova—Leningrad, 1947.

[3] *Dolmatovschi A. G.*: Indreptarul tehnologului. Moscova, 1950.

[4] *Biroul pentru interşanjabilitate din Ministerul Construcţiei de maşini-unelte*: Alegerea toleranţelor şi ajustajelor în construcţia de maşini. Moscova, 1946.

★

ДОПУСК И ПРИЛАЖИВАНИЕ В КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Резюме

Автор указывает советскую точку зрения в выборе допуска и прилаживания, которые могут служить директивой для нашей промышленности по строительству электрических машин.

Практика советских фабрик привела к научным заключениям, которые применяются в предприятиях с обязательным характером, хотя и ни в СССР не применяются такие стандарты. В статье представлены под видом таблицы, рекомендации для использования допусков на электрических машинах.

★

ASUPRA POSIBILITĂȚII DE ÎNCĂRCARE A CABLURILOR ELECTRICE SUBTERANE, ÎNTR'UN REGIM DE SCURTĂ DURATĂ

Prof. Dr. Ing. N. V. BOȚAN
Institutul Politehnic Iași

In exploatarea rețelelor electrice subterane, o problemă importantă este încărcarea pe care o pot suporta cablurile. Această încărcare este limitată, ca și pentru mașinile electrice, de temperatura admisă în cablu, temperatură care este fixată de norme și prescripții. In acest articol, autorul își propune să determine timpul maxim de funcționare al unui cablu pentru un anumit regim de încărcare, astfel încât temperatura de încălzire a cablului să nu fie depășită.

Tehnica construcției cablurilor electrice subterane a făcut, în special în ultimele decenii, progrese remarcabile. Astfel s'a ajuns astăzi să se execute cabluri cu ajutorul cărora să se poată transporta energia electrică sub tensiuni de 360 kW. Ceeace se opune însă desvoltării mai intense a rețelelor electrice subterane este costul prea ridicat al acestor rețele, față de rețelele aeriene *).

Tendințele actuale ale tehnicii sunt de a realiza cabluri electrice cât mai ieftine, pentrucă în felul acesta se reduce într'o mare măsură și costul rețelei, dat fiind că într'o rețea electrică subterană, cablul reprezintă 45% din costul total al rețelei instalate.

Una din problemele care se pun astăzi în exploatarea rețelelor electrice subterane este încărcarea pe care o pot suporta cablurile. Această încărcare este limitată, ca și pentru mașinile electrice, de temperatura admisă în cablu, temperatură care este fixată de norme și prescripții. In cazul când temperatura prescrisă este depășită, izolația cablului este supusă unei depășiri mai rapide și avem deaface cu fenomenul cunoscut în tehnică sub denumirea de îmbătrânirea izolației cablului.

Insă, după cum remarcă tehnicienii sovietici *V. A. Privezentzev* și *B. M. Tareev* **), într'o instalație de cabluri subterane va trebui să ținem seama întotdeauna de caracterul încărcării cablurilor, pentrucă la o supraîncărcare de scurtă durată, temperatura nu are timp să ajungă până la valoarea ei maximă și deaceea cablurile pot fi supraîncărcate pentru intervale de timp scurte. Această proprietate poate fi folosită în practică atunci când este vornba de două rețele care funcționează în paralel. In cazul când una din ele este defectă, se poate trece încărcarea acelei rețele asupra rețelei nedefecte și se pot efectua lucrările de înlăturare ale defectului fără ca furnizarea de energie electrică la receptori să fie oprită. Pe de altă parte, în cazurile când rețeaua de cabluri subterane alimentează motoare electrice sau alți receptori care au un regim de funcționare de scurtă durată, se pot folosi cabluri de secțiune mai mică fără ca temperatura admisă de prescripții să fie depășită.

In cele ce urmează ne propunem să determinăm timpul maxim de funcționare al unui cablu pentru un anumit regim de încărcare, astfel încât temperatura de încălzire a cablului să nu fie depășită.

Pentru aceasta se va ține seama că o parte din căldura degajată în cablu îl încălzește ridicându-i temperatura, iar o altă parte se pierde în mediul înconjurător.

Se poate deci scrie :

$$Q \cdot dt = C \cdot d\tau + F \cdot \tau \, dt \qquad (1)$$

în care :

Q este cantitatea de căldură ce se produce în conductorul cablului.

t timpul de funcționare al cablului

$\tau = \theta_1 - \theta_2$

θ_1 — fiind temperatura conductorului

θ_2 — temperatura mediului înconjurător,

$C = c.G$ — ... — capacitatea termică a conductorului

c — căldura specifică a materialului,

G — greutatea conductorului,

$F = \mu.S$ — debitul specific de căldură disipată,

μ — coeficientul de radiere al căldurii,

S — suprafața de radiere.

Integrând această ecuație diferențială se obține :

$$\tau = \frac{Q}{F}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) \qquad (2)$$

în care :

$$T = \frac{C}{F} = \frac{c \cdot G}{\mu \, S}$$

este constanta de timp a conductorului, sau timpul necesar pentru ca în cablul conductorul să atingă o anumită temperatură.

Pe de altă parte se poate spune că $Q = f(P)$ în care P este încărcarea cablului în wați. In cazul acesta vom putea scrie :

$$\tau_{max} = \frac{Q}{F} = \frac{f(P)}{F}$$

adică diferența de temperatură maximă depinde de încărcarea la care este supus cablul și de cantitatea de căldură radiată.

Unei anumite încărcări îi corespunde o anumită temperatură maximă, τ_{max} care se numește tem-

*) *Boțan N. V.*: Progrese noui realizate în tehnica, construcției cablurilor subterane. Rev. Șt. V. Adamachi Iași, Vol. XXXV, 1949.

**) *Privezentzev A. V.*: și *Tareev M. B.*: Proizvodstvo silovah kabelei i obmotocinah provdov. Gosenergoizd., Moscova, 1945.

peratură de regim (τ_{reg}) și atunci ecuația (2) va putea fi scrisă :

$$\tau = \tau_{reg}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) \qquad (3)$$

La o încărcare a cablului P_1 îi va corespunde o temperatură τ_1, care nu va fi depășită, oricât ar funcționa cablul. Acestei încărcări îi va corespunde și o temperatură de regim τ_1 reg τ_1 dar foarte apropiată de ea (fig. 1).

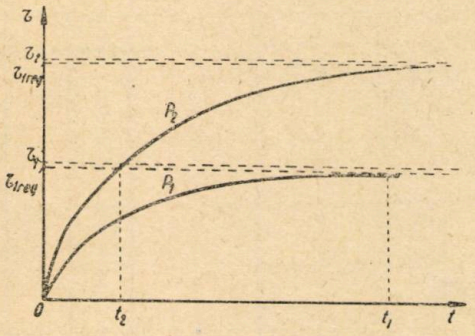


Fig. 1

Dacă însă același cablu s'ar supune unei încărcări $P_2 > P_1$, atunci evident că se obține o altă temperatură $\tau_2 > \tau_1$ și o altă temperatură de regim $\tau_{2reg} < \tau_2$ dar foarte apropiată de ea.

Dacă se presupune că τ_{1reg} este temperatura admisă de prescripții pentru cablul considerat, atunci se observă (fig. 1) că pentru o încărcare P_2 temperatura de regim τ_{1reg} va fi atinsă după un timp $t_2 < t_1$, timpul după care este atinsă temperatura de regim pentru încărcarea $P_1 < P_2$. Problema care se pune este de a determina timpul t_2 în funcție de timpul t_1 pentru o anumită temperatură de regim.

Pentru aceasta se scrie : *) :

$$\tau_{1reg} = \tau_1\left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}\right) = \tau_2\left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}}\right)$$

de unde

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{1 - e^{-\frac{t_2}{T}}}{1 - e^{-\frac{t_1}{T}}} \qquad (4)$$

Pe de altă parte, se știe că încălzirea unui cablu este proporțională cu pierderile în acest cablu ; notând cu p_1 pierderile corespunzătoare puterii P_1, deci încălzirii τ_1 și cu p_2 pierderile corespunzătoare puterii P_2, deci încălzirii τ_2, se poate scrie :

$$\frac{\tau_1}{p_1} = \frac{\tau_2}{p_2} \text{ sau } \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{p_1}{p_2} = q \cdot$$

Prin urmare :

$$q = \frac{1 - e^{-\frac{t_2}{T}}}{1 - e^{-\frac{t_1}{T}}}$$

*) *Popiuccauu N.* : Contribuții la studiul încălzirii unei mașini de curent continuu, când puterea variază. Bul. Politechn. „Gh. Asachi" — Iași, T. I, Fasc. 1, 1945.

și de aici :

$$-\frac{t_1}{T} = \ln\left[1 - \frac{1}{q}\left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}}\right)\right] \cdot \qquad (5)$$

Cu ajutorul ecuației (4) vom putea trasa familia de curbe $t_1 = f(t_2)$ pentru diferite valori ale lui q (fig. 2). Asymptomele la aceste curbe vor fi date de relația :

$$1 - \frac{1}{q}\left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}}\right) = 0 \qquad (6)$$

dedusă din ecuația familiei de curbe (5).

Pe de altă parte din ecuația (6) se poate deduce valoarea lui t_2 :

$$t_2 = T.\ln\,(q - 1)\cdot$$

Petru determinarea valorii raportului q se consideră $P_2 = \alpha \cdot P_1$, în care $\alpha > 1$. Dacă se presupune că tensiunea de alimentare rămâne constantă atunci vom putea scrie :

$$I_2 = \alpha \cdot I_1 \qquad (7)$$

Știind că pierderile într'un cablu subteran sunt :

$$p_1 = R \cdot I_1^2 + p_d + p_m \qquad (8)$$
$$p_2 = R \cdot I_2^2 + p_d + p_m$$

în care : p_1 sunt pierderile dielectrice pe care le considerăm constante în raport cu I ;

p_m — pierderile în armăturile metalice ale cablului, deasemeni constante în funcție de încărcare.

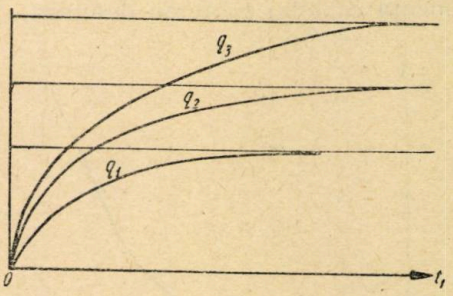


Fig. 2

Ținând seama că $q = \frac{p_1}{p_2}$ și de relația (7) vom avea :

$$(p_d + p_m)\,(q - 1) = R \cdot I_1^2\,(1 - q \cdot \alpha^2)$$

sau notând cu :

$$\frac{p_d + p_m}{RI_1^2} = K$$

vom obține :

$$q = \frac{1 + K}{K + \alpha^2} \qquad (9)$$

Reprezentând grafic ecuația (9) vom putea obține pe cale grafică valorile raportului q în funcție de α pentru o anumită încărcare de regim a cablului (fig. 3).

Pentru trasarea curbei din fig. 3, se cere valoarea constantei k. Această valoare se poate determina cunoscând secţiunea şi deci rezistenţa

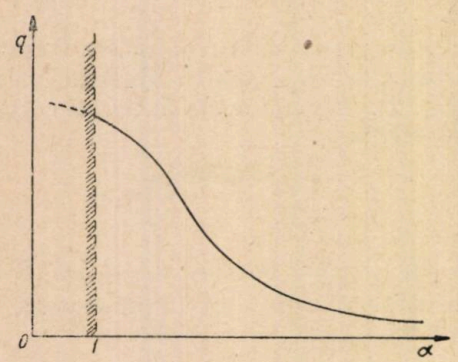


Fig. 3

conductorului R, curentul I precum şi pierderile p_d şi p_m.

Pierderile în dielectric sunt date de formula (1) :

$$p_d = U^2 . 2\pi . f . C . \operatorname{tg} \delta . 10^{-6} \text{ waţi}$$

în care : U este tensiunea sub care lucrează cablul, în V ;

f — frecvenţa în Hz ;

C — capacitatea cablului în μF ;

δ — unghiul pierderilor în dielectric.

Unghiul pierderilor în dielectric variază cu temperatura ce se degajă în cablu ; el variază după o curbă de forma celei din fig. 4, variaţie ce se explică prin aceea că atât timp cât temperatura este sub 40°, aceste pierderi datorite vâscozităţii materialelor impregnate care intră în componenţa cablului subteran descresc.

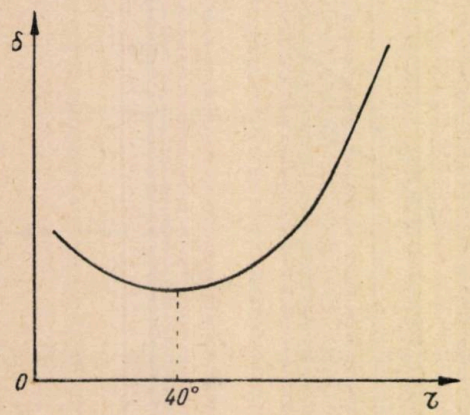


Fig. 4

Dela 40° în sus, materialele de impregnate încep să se înmoaie şi atunci δ va creşte foarte repede cu temperatura. Pentru temperaturi până la 40°, tg δ are valori apropiate de 0,02.

In ceeace priveşte pierderile (p_m) în armăturile metalice, ele pot fi neglijate în primă aproximaţie, eroarea ce se comite în acest caz fiind de 0,5—1%, ceeace este admisibil în practică.

Făcând încercări asupra încălzirii unui cablu subteran monofilar de 6 mm² secţiune, trecând prin el un curent de 70 A, se observă că temperatura de regim τ_{1reg} este atinsă pentru acest cablu după aproximativ o oră şi jumătate (fig. 5) şi această temperatură nu este depăşită, oricare ar fi timpul de funcţionare al cablului.

Curba *2* este curba corespunzătoare încălzirii aceluiaşi cablu la o încărcare de 83 A, iar curba *3* corespunde încălzirii cablului la o încărcare de 91 A,. Observăm, în cazul curbei *2*, că : temperatura τ_{1reg} este atinsă numai după 19 minute ; iar în cazul curbei *3* temperatura τ_{1reg} este atinsă după 12 minute.

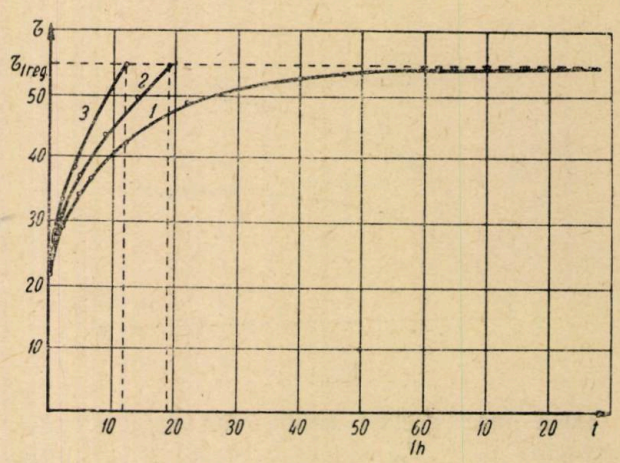


Fig. 5

Se observă deasemeni, că valorile timpului de încălzire ale cablului la temperatura de regim corespunzătoare unei anumite supraîncărcări, se vor găsi pe o hiperbolă (fig. 6) care va avea ca asymptone : ordonata OI şi dreapta I_1 A— corespunzătoare încărcării normale a cablului.

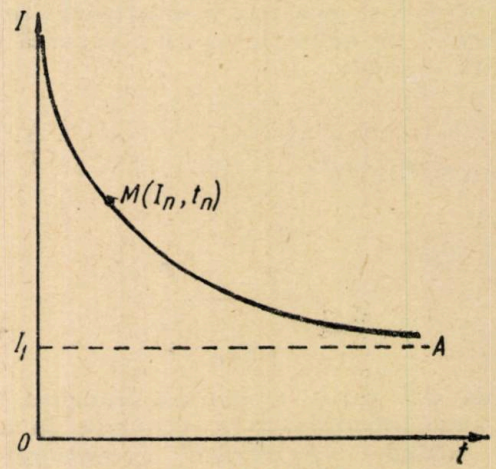


Fig. 6

Orice punct M (I_n, t_n) de pe această hiperbolă ne va da timpul (t_n) corespunzător unei încărcări (I_n) pentru care temperatura de regim τ_{1reg} nu va fi depăşită.

Ecuaţia acestei hiperbole va fi de forma :

$$t\,(I - I_n) = k_1 \qquad (10)$$

Pentru determinarea valorii constantei k_1 în cazul prezent s'a înlocuit în ecuaţia (10) coordonatele unui punct M de pe hiperbolă iar $I_1 = 70$ A In cazul acesta se obţine :

$$12 \cdot (91 - 70) = k_1 \text{ prin urmare } k_1 = 252$$

Inlocuind în ecuaţia (10) pe k_1 prin valoarea sa vom obţine ecuaţia hiperbolei care se referă la cazul când avem un cablu monofilar de 6 mm² secţiune, pentru care încărcarea normală I_1 pentru a nu depăşi temperatura de regim $\tau_{1reg} = 55^0C$ (pe care am ales-o arbitrar) este de 70 A şi anume :

$$t\,(I - 70) = 252. \qquad (11)$$

Pentru încărcarea $I_n = 83$ A se obţine $t_n = 19{,}38$ min, valoare care se apropie mult de aceea care s'a dedus experimental şi determinat trasând curba *2* din fig. 5. Diferenţa provine din erorile de citire la aparatele cu care s'au executat măsurătorile.

Rezultă deci că pentru orice cablu, oricare ar fi secţiunea lui, cunoscându-i temperatura de regim τ_{1reg} şi încărcarea maximă corespunzătoare acestei temperaturi, cunoscând timpul t pentru o încărcare oarecare I astfel încât să nu depăşească temperatura de regim, se poate deduce ecuaţia hiperbolei care să ne dea valorile timpilor corespunzători pentru orice supraîncărcare astfel încât temperatura de regim să nu fie depăşită.

Se obţine în felul acesta o familie de hiperbole corespunzând diferitelor secţiuni ale conductorului şi aceleaşi temperaturi de regim τ_{1reg}, şi care, oricare ar fi secţiunea cablului, am spus că nu poate fi prea mare din cauza pierderilor în dielectric.

De altfel, având trasate două din curbele din fig. 5, pentru un anumit cablu, se poate pune şi problema inversă şi anume de a determina încărcarea maximă în cablu, astfel încât temperatura de regim să nu treacă de 45⁰ — temperatura critică dela care pierderile în dielectric încep să aibă valori mai mari. Pentru aceasta se presupune că sunt date curbele *1* şi *2*. Se consideră ecuaţia hiperbolei dată de relaţia (10) şi se determină valoarea constantei k_1 înlocuind pe I_1 prin x, iar pe I_t şi t prin valorile corespunzătoare temperaturii de 40⁰ de pe curbele *1* şi *2* date. Vom avea deci pentru curba 1 :

$$t = 15{,}5 \quad I = 70 \text{ A}$$

şi deci :

$$15{,}5\,.\,(70 - x) = k_1, \qquad (12)$$

iar pe de altă parte pentru curba *2* :

$$t = 9{,}5 \quad I = 83 \text{ A}$$

valoarea lui k_1 fiind aceeaşi, vom avea :

$$15{,}5 \cdot (70 - x) = 9{,}5 \cdot (83 - x)$$

de unde :

$$x = 49{,}4 \text{ A}$$

Introducând această valoare în una din ecuaţiile (12) sau (13) vom obţine valoarea constantei $k_1 = 319{,}3$.

In cazul acesta, ecuaţia hiperbolei va fi :

$$t \cdot (I - 49{,}4) = 319{,}3 \qquad (14)$$

Această ecuaţie va trebui să satisfacă valorile lui I şi t corespunzătoare temperaturii de regim de 45⁰, de pe curba *3*.

In adevăr, curba *3* corespunde încărcării de 91 A şi se observă că pe această curbă la temperatura de 45⁰ corespunde timpul $t = 7$ min, pe care dacă le vom introduce în ecuaţia (14), această ecuaţie va fi verificată.

Din cele de mai sus rezultă că, în general, având trasate experimental două curbe de încălzire ale unui cablu la încărcări diferite, cu ajutorul ecuaţiei (10), vom putea trasa orice altă curbă pentru acelaşi cablu, dar pentru orice altă încărcare.

Această problemă de altfel poate fi pusă şi rezolvată în mod identic şi pentru maşini electrice de orice fel.

Incercările experimentale au fost executate asupra unui cablu în aer liber. Concluziile trase însă, rămân perfect valabile şi pentru un cablu montat în pământ, întrucât între valorile temperaturilor atinse şi într'un caz şi în celălalt există proporţionalitate oricare ar fi încărcarea cablului.

★

ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАРЯДКИ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ В СОКРАЩЕННОМ РЕЖИМЕ

Резюме

В эксплоатации подземных электрических сетей, важным вопросом является зарядка' которую могут выдержать кабеля. Эта зарядка ограничена, как и для электрических машин, дозволенной в кабеле температурой, температура установленная нормами и предписаниями.

В этой статье, автор предлагает определить максимальное время действия одного кабеля для определённого режима зарядки, таким образом чтобы температура нагревания кабеля не была очень повышенной.

★

LINIA DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ DE 400 kV CUIBÂȘEV-MOSCOVA*)

Ing. A. V. MIROLIUBOV și ing. S. S. RACOTIAN
Moscova

Se descriu măsurile tehnice de bază, luate la proiectarea liniei de transport de energie electrică dela centrala hidroelectrică Cuibâșev-Moscova. Se arată măsurile care trebuesc luate pentru a se asigura nivelul necesar de stabilitate a liniei, se indică datele inițiale care determină calitatea izolației liniei și parametrii tehnici ai utilajului liniei și substațiilor de 400 kV

Construcția centralelor uriașe hidroelectrice de pe Volga, a centralei hidroelectrice Cuibâșev și a celei dela Stalingrad, pune în fața specialiștilor energetici sovietici o serie de probleme noi tehnice. Cea mai importantă dintre aceste probleme este transportul cantităților enorme de energie electrică la distanțe mari.

Pentru transportul de energie dela centrala hidroelectrică Cuibâșev la Moscova, la o distanță de peste 900 km, și dela centrala hidroelectrică Stalingrad la Moscova, la o distanță de peste 1 000 km, trebue să se construiască două linii electrice de transport. Pe fiecare din ele se va transmite o putere de ordinul 1 000...1 200 mii kW. Aceste linii de transport vor reprezenta etapa cea mai importantă pe drumul realizării unei singure rețele de înaltă tensiune, care va cuprinde în anii cei mai apropiați o mare parte a teritoriului european al Uniunii Sovietice.

Un transport de energie electrică de această amploare, n'a fost realizat încă în nicio țară, și specialiștii energetici sovietici sunt primii din lume, care o vor realiza în termenele cele mai scurte.

Acest articol are ca scop de a expune caracteristicele principale ale transportului de energie la distanță dela centrala hidroelectrică Cuibâșev la Moscova.

Linia electrică de transport C.H.E. Stalingrad-Moscova, după întinderea și după puterea transmisă, este aproximativ identică, cu linia Cuibâșev-Moscova, deaceea măsurile tehnice luate pentru ambele linii sunt, din multe puncte de vedere, analoage.

Tensiunea și numărul circuitelor liniei de transport de energie electrică. Puterea care va fi transmisă pe linia C.H.E. Cuibâșev-Moscova și întinderea acestei linii, impun folosirea unei trepte noi, mai înalte, a tensiunii de curent alternativ de 50 Hz. Ca tensiune nominală pentru această linie s'a admis 400 kV; iar tensiunea maximă de lucru admisă este cu 5% mai mare, adică 420 kCV.

Tensiunea de 360 kV s'a dovedit inacceptabilă din punct de vedere tehnic și economic, deoarece ea nu asigură, în cazul a două circuite, gradul necesar de stabilitate a regimului de funcționare în paralel, și ar fi fost nevoie să se construiască pe linia electrică de transport un al treilea circuit.

Conform regimurilor de funcționare ale centralei hidroelectrice Cuibâșev, linia electrică de transport va funcționa câteva ore pe an la sarcini mici și medii. Deaceea pierderile ohmice de putere la mers în gol al liniei lungi de 400 kV, care sunt în funcție de curenți capacitivi mari și de fenomenele Corona, joacă un rol important, și mărirea numărului de circuite paralele, la aceeași putere transmisă și același regim de funcționare, înrăutățește indicii economici ai liniei.

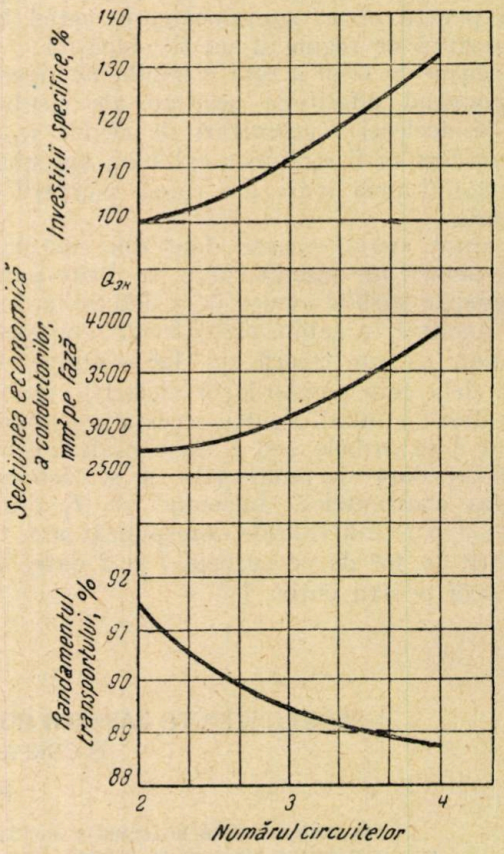


Fig. 1. Influența numărului circuitelor asupra indicilor economici de transport:
1 — randamentul transportului %; *2* — secțiunea economică a conductorilor, mm² pe fază; *3* — investiții specifice; *4* — numărul circuitelor.

In fig. 1 sunt arătate caracteristicele economice obținute pe baza lucrărilor de proiectare a uneia din variantele de transport de energie, la centrala hidroelectrică Cuibâșev-Moscova, pentru două, trei și patru circuite paralele și pentru aceeași putere transmisă.

Pentru linia electrică de transport C.H.E. Cuibâșev-Moscova sunt prevăzute două circuite

*) Din Electricestvo, 7 (1952).

paralele, cu o capacitate de transport de 600 mii kW fiecare.

Linia electrică de transport Cuibâşev-Moscova este proiectată pentru un regim de funcţionare cu un randament maxim; pe această linie nu trebue să existe supracurenţi (suprasarcini) provocate de puteri reactive, ea trebue să funcţioneze fără căderi de tensiune la bornele de plecare şi la cele de sosire. In acest scop la borna de plecare şi în mijlocul liniei, se vor şunta bobine cu reactanţă inductivă, de tensiune 400 kV, cu o putere totală de 600 mii kVA, iar la borna de sosire se vor instala compensatori puternici sincroni.

Pentru micşorarea pierderilor active, ohmice, de energie provocate de curentul de sarcină, densitatea curentului, în comparaţie cu liniile de 110 şi 220 kV, va fi micşorată. In cazul liniei C.H.E. Cuibâşev-Moscova (cu două circuite), densitatea admisă este de 0,5...0,6 A/mm², din care rezultă, că secţiunea părţii de aluminiu a conductorilor a fiecărei faze, a uneia dintre circuite, va fi egală, aproximativ cu 1 500 mm². Pierderile anuale de energie pe linie la un transport de energie de 6,1 miliarde kWh pe an vor fi reduse la 4...4,5%.

Capacitatea de transport de energie electrică. Sarcina limită maximă a unuia dintre circuitele liniei electrice de transport de 400 kV, de o lungime de 800...1 000 km, cu conductori unifilari, şi care funcţionează în sistemul energetic cu caracteristicele standard ale instalaţiei, este cel mult de 200 mii kW pe fiecare circuit.

Deaceea, pentru linia cu două circuite Cuibâşev-Moscova s'au elaborat măsuri suplimentare care vor mări capacitatea de transport până la 600 mii kW pe circuit şi va asigura o stabilitate statică şi dinamică a regimului de funcţionare în paralel a maşinilor sincrone, conectate la această linie.

Printre aceste măsuri se enumeră următoarele:

a) reglarea automată a excitaţiei maşinilor sincrone prin metode speciale, şi executarea sistemelor de excitaţie a generatorilor în aşa fel ca să se asigure o f.e.m. constantă dincolo de valoarea reactanţei de trecere;

b) folosirea unui utilaj cu caracteristice ameliorate, în special hidrogeneratorii centralei Cuibâşev şi transformatorii de 400 kV, vor avea reactanţe micşorate;

c) divizarea conductorilor liniei de transport 400 kV, cu scopul de a-le micşora reactanţa inductivă; conductorul fiecărei faze a liniei Cuibâşev-Moscova va fi divizat în trei conductori;

d) compensarea capacitivă longitudinală, prin conectarea unor baterii statice de condensatori în serie pe linie; pe linia Cuibâşev-Moscova se va folosi compensarea capacitivă de o valoare egală cu 30...40% din reactanţă inductivă a liniei;

e) instalarea la substaţii de recepţie 400/115 kV a unor compensatori sincroni puternici, echipate cu dispozitive de reglare a excitaţiei, cu acţiune rapidă;

f) folosirea posturilor centrelor de comutaţie, care împarte linia de transport în patru părţi;

g) folosirea întreruptorilor cu acţiune rapidă şi protecţiei prin relee, care să asigure deconectarea automată a sectorului avariat al reţelei de 400 kV într'un timp care să nu depăşească 0,1 s;

h) aplicarea de măsuri efective pentru mărirea stabilităţii dinamice a funcţionării în paralel în special punerea la pământ a punctelor neutre (nule) ale transformatorilor ridicători, de 400 kV, printr'o rezistenţă ohmică mică; folosirea excitaţiei generatorilor cu un sistem vibrator; conectarea provizorie, pentru un timp scurt, a rezistenţelor trifazate de sarcină, montate pe barele 400 kV ale centralei Cuibâşev.

In fig. 2 sunt arătate curbele caracteristice ale puterilor limite de transport de energie, determinate de condiţiile stabilităţii statice pentru diferite valori ale compensaţiei capacitive, longitudinale.

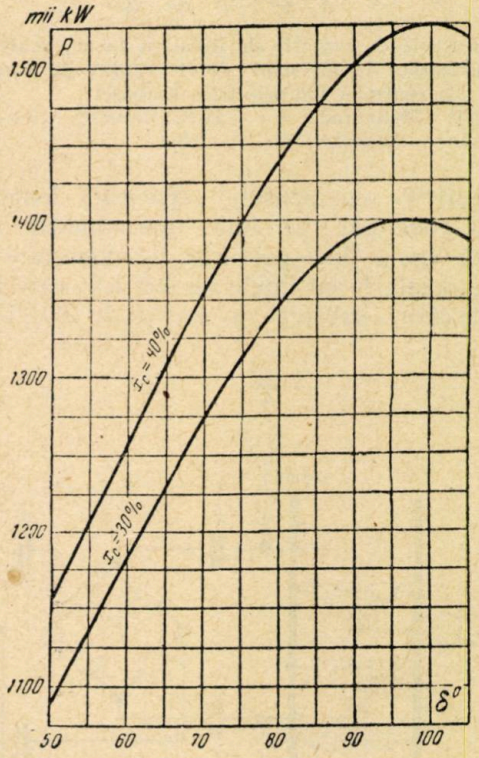


Fig. 2. Puterile limite conform condiţiilor de stabilitate statică;
1 — mii kW

In fig. 3 sunt arătate curbele de variaţia decalării f.e.m. echivalente ale generatorilor în următoarele cazuri: scurtciruit trifazat în apropierea barelor de 400 kV ale centralei hidroelectrice Cuibâşev, la îndepărtarea scurtcircuitului în 0,12 secunde, la conectarea rezistenţei de sarcină în 0,16 secunde şi deconectarea ei în 0,5 secunde din momentul apariţiei scurtcircuitului.

In fig. 4 se arată curbele capacităţii de transport de energie şi ale reactanţei inductive a liniei de 400 kV, în funcţie de numărul conductorilor paraleli pe fază.

Schema transportului de energie electrică. Linia de transport de energie cu două circuite C.H.E. Cuibâşev-Moscova (fig. 5) se comutează, după schema de legătură, cu 3 posturi de comutare, cu

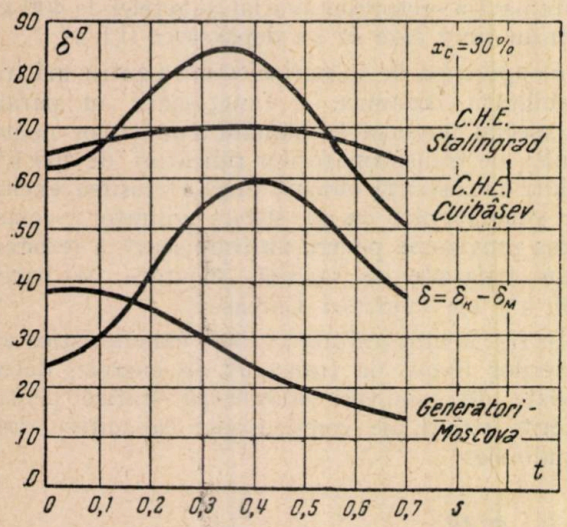


Fig. 3. Curbele de variaţii ale decalării f.e.m., echivalente ale generatorilor la un scurt-circuit trifazat pe barele de 400 kV ale centralei hidroelectrice Cuibâşev :
1 — C.H.E. Stalingrad ; *2* — C.H.E. Cuibâşev ; *3* — generatori — Moscova ; *4* — secunde ;

4 posturi de compensare capacitivă longitudinală, conectate pe linie, aproximativ la o distanţă egală dela posturile de comutare cele mai apropiate *) cu liniile de 400 kV, care leagă între ele câteva substaţii de recepţie de 400/115 kV.

desvoltarea sistemului energetic de recepţie de 110 şi 220 kV, al Moscovei.

Schema liniei de transport de energie Stalingrad-Moscova diferă de cea a liniei Cuibâşev -Moscova

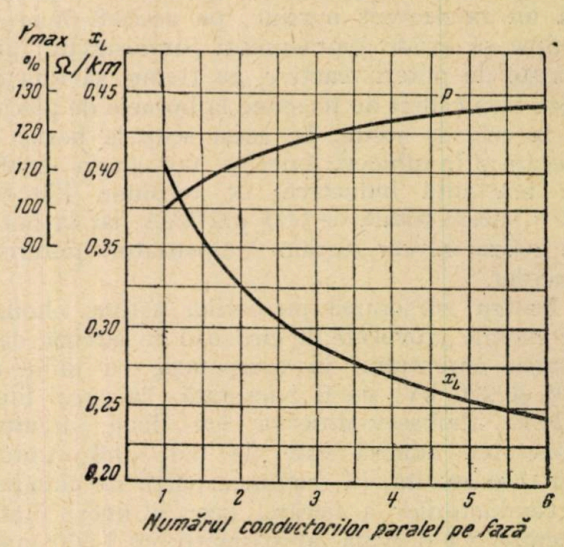


Fig. 4. Reactanţa (rezistenţă inductivă) şi capacitatea de transport a liniei de 400 kV în funcţie de numărul conductorilor paraleli pe fază :
1 — P_{max} ; *2* — b/cm ; *3* — numărul conductorilor paralel pe fază.

numai prin aceea că unul dintre posturile de comutaţie, este chiar substaţia intermediară de 400/115 kV pentru alimentarea regiunilor centrale de cernoziom (pământ negru).

Calitatea izolaţiei. Calitatea izolaţiei siste-

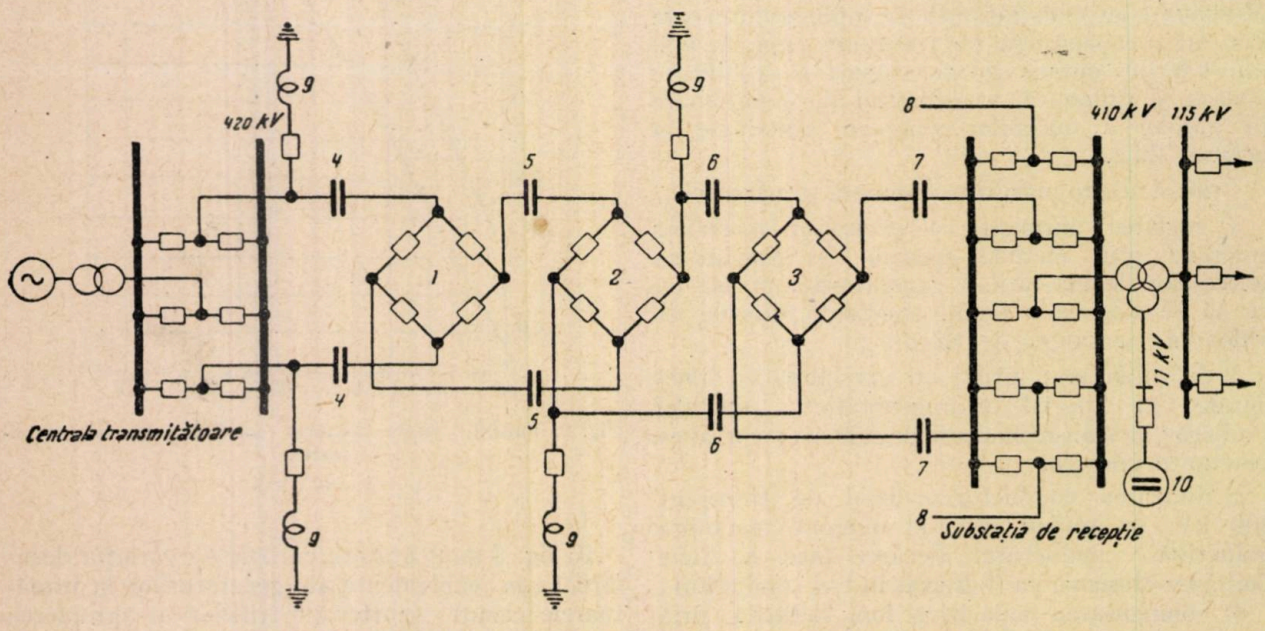


Fig. 5. Schema liniei de transport de energie cu 2 circuite Cuibâşev-Moscova :
1, 2, 3 — posturi de comutare ; *4, 5, 6, 7* — posturi de condensatori ; *8* — linii spre substaţii de recepţie ; *9* — reactori şuntaţi ; *10* — compensator sincron ; *a* — centrala transmiţătoare ; *b* — substaţia de recepţie ; *c* — kV.

O astfel de schemă asigură un regim de funcţionare stabil a transportului de energie şi contribue la crearea celor mai bune condiţii pentru

*) Se examinează deasemenea varianta de instalare a (repartizarea) condensatorilor statici la posturile de comutaţie.

mului de 400 kV se determină prin următoarele condiţii iniţiale :

a) punctele neutre (nule) ale înfăşurărilor de 400 kV ale transformatorilor de forţă sunt puse direct la pământ ;

b) tensiunea maximă de funcţionare pe linie este de 420 kV;

c) linia de transport de energie este protejată, pe toată lungimea ei, de trăsnete, descărcările atmosferice directe, prin două paratrăsnete prevăzute cu cabluri, unghiul de protecţie este de 15...20°;

d) substaţiile de 400 kV sunt deasemenea protejate de trăsnete directe;

e) la substaţii se instalează paratrăsnete cu ventilaţie;

f) supratensiunile interioare un depăşesc 3 U_{fmax} unde:

$$U_{fmax} = 343 \text{ kV};$$

g) tensiunea de încercare cu impuls şi cu trei şocuri, în cazul când unda totală este 1,5/40 ns a izolaţiei liniei de transport este cu 33% mai mare decât tensiunea de încercare cu impuls a izolaţiei interioare a aparatelor.

Descrierea liniei de transport de energie electrică C.H.E. Cuibâşev-Moscova. Lungimea liniei este de 925 km. Linia va fi executată din conductori de oţel-aluminiu, diametrul conductorului este de 30,2 mm, greutatea unui kilometru de conductor-1 800 kg, efortul la rupere — 14 370 kg. Fiecare fază a liniei va avea trei conductori de acest fel, montaţi pe vârfurile unui triunghi echilateral cu lungimea laturii de 400 mm (fig. 6).

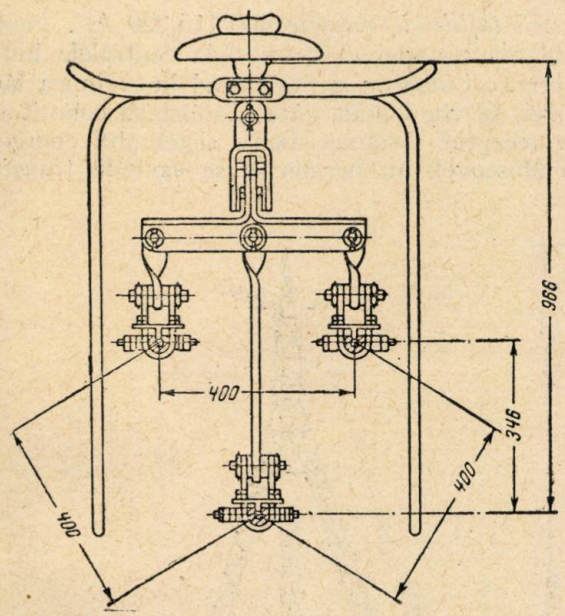


Fig. 6. Montarea unei faze compusă din trei conductori paraleli.

Izolatori — de porţelan, de tip suspendat.

Lanţul de izolatori de susţinere, se va compune din 22 izolatori de tip $PT-7$; care au dimensiunile 185 × 300 mm şi sarcina experimentală electromecanică de 7 t.

Lanţul de izolatori ai sectorilor liniei care trec prin regiuni cu condiţiile climaterice mai aspre se vor compune din 22 izolatori de tip $PT-8{,}5$, şi care au dimensiuni corespunzătoare sarcinii de experimentare electromecanice de 8,5 t.

Lanţul de izolatori de întindere al stâlpilor, de fixare şi al celor de colţ va fi completat cu trei ramificaţii paralele. Fiecare ramificaţie se va compune din 22 izolatori de tip $PT-11$. Dimensiunile acestor izolatori sunt 210 × 350 mm,

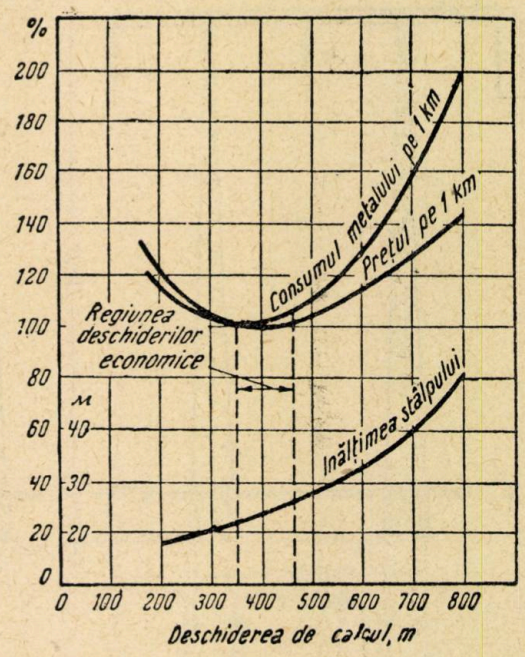


Fig. 7. Mărimile optime ale deschizăturii între stâlpii liniei de 400 kV şi înălţimile stâlpilor intermediari:
1 — consumul de metal pe 1 km; *2* — preţul pe 1 km; *3* — zona deschiderilor economice; *4* — înălţimea stâlpului; *5* — deschiderea teoretică, m.

sarcina experimentală electromecanică fiind de 11 t. Din partea conductorului de linie aceste lanţuri de izolatori sunt protejate cu ecrane de protecţie.

Protecţia contra trăsnetelor, descărcărilor atmosferice a liniei este asigurată prin soliditatea superioară a izolaţiei, prin amenajarea pe fiecare circuit a două paratrăsnete cu cabluri cu un unghi de protecţie de 15...20°, rezistenţa punerii la pământ a fiecărui stâlp este de cel mult 10 ohmi.

Stâlpii liniei de transport sunt executaţi din construcţii metalice sudate, din oţel Martin marca Oţel—3.

Având în vedere că pe linia de 400 kV se vor transmite puteri mari şi ea va fi foarte încărcată din punct de vedere mecanic, s'au făcut cercetări amănunţite în scopul de a determina: înălţimea maximă a stâlpului, felul construcţiei şi deschidere teoretică cea mai convenabilă.

In fig. 7 sunt arătate curbele caracteristice de alegere a valorilor maxime a deschiderii teoretice (distanţa între doi stâlpi) şi înălţimea stâlpului intermediar.

Au fost admişi stâlpi intermediari de tip portal (fig. 8), care posedă indicii economici cei mai buni, din punct de vedere al consumului de metal, al uşurinţei montajului şi a deservirii, al cheltuelilor de transport şi al greutăţii fundaţiilor. Greutatea stâlpului intermediar este de 7,25 t, înălţimea punctului de suspendare a lanţului de izolatori — 27 m, înălţimea totală — 29,8 m. Aşezarea conductorilor — orizontală. Deschiderea

teoretică dintre stâlpii intermediari este de 425...460 m.

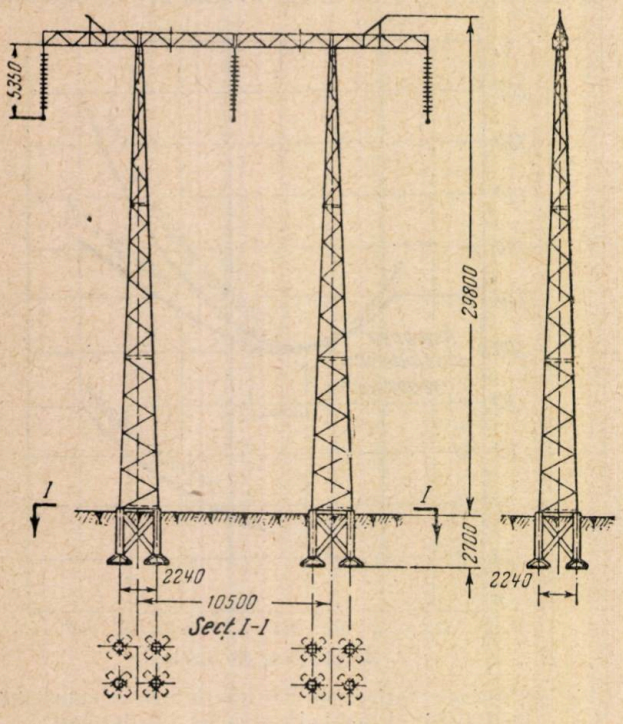


Fig. 8. Stâlp intermediar al liniei de 400 kV.

Stâlpii de fixare şi de colţ sunt de tip grindă cu zăbrele (fig. 9). Înălţimea de suspendare a lanţului de izolatori este 22,2 m, înălţimea totală a stâlpului — 29,6 m, aşezarea conductorilor — orizontală, distanţa dintre condutorii învecinaţi — 12 m. Greutatea stâlpilor de fixare şi de colţ sunt de diferite tipuri; acestea sunt arătate în tabela 1.

Tabela 1

Tipul stâlpilor	Numărul suporturilor (proptelilor)	Greutatea t
De ancorare şi de colţ 0...15°	1	13,1
De colţ 15...30°	2	16,5
De colţ 30...45°	2	16,6
De colţ 45....60°	2	17,8

Funcţiile stâlpilor intermediari, în cazul terenurilor normale, sunt de beton armat, montabile. Fundaţiile stâlpilor de ancorare şi de colţ sunt din beton monolitic.

Pentru construcţia celor două circuite ale liniei de transport de energie C.H.E. Cuibâşev-Moscova va trebui să se execute următoarele lucrări de montaj şi de construcţii:

săpături	700 mii m³
lucrări de beton	200 mii m³
montaj de constr. metalice	45 mii m
montarea conduct. şi a cablurilor	35 mii m

Substaţiile de recepţie 400/115$_1$220 *kV*. Pentru recepţia energiei electrice dela centralele hidroelectrice Cuibâşev şi Stalingrad în regiunea Moscovei, se vor instala câteva substaţii coborîtoare de recepţie. Caracteristicele sistemului energetic al Moscovei, au permis să se excludă transfor-

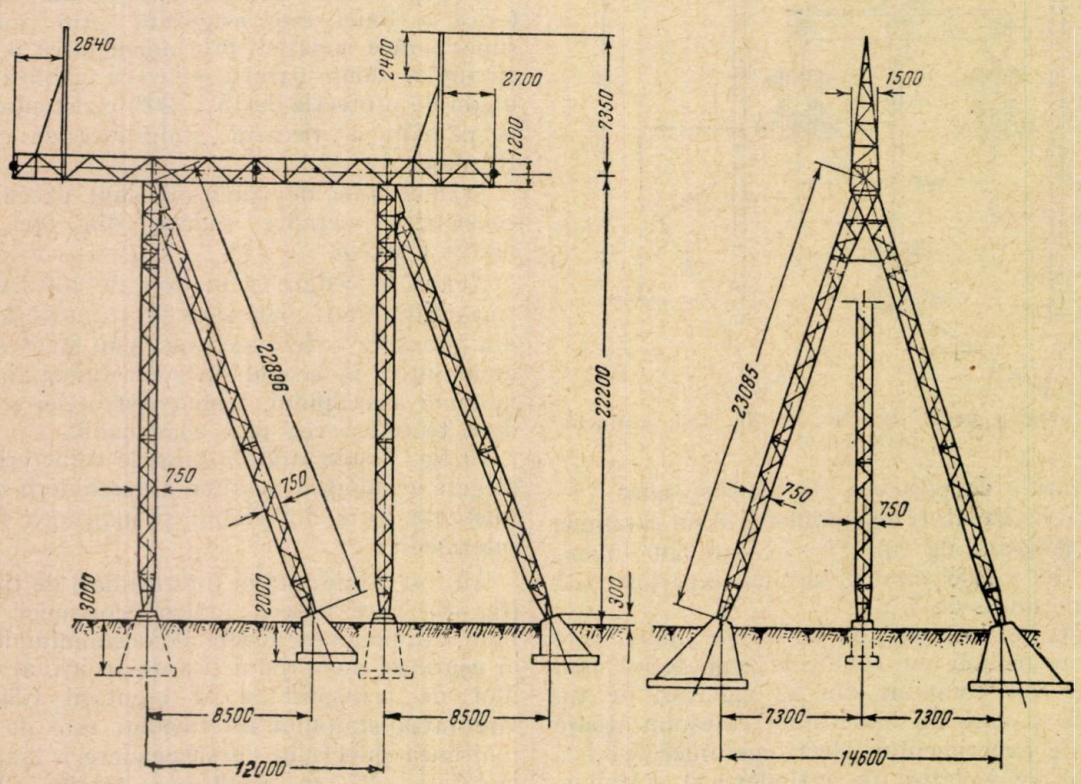


Fig. 9. Stâlp de colţ al liniei de 400 kV.

marea de 400/220 kV; ca fiind neeconomică şi ar produce pierderi suplimentare de energie. Energia primită se va transforma în tensiune de 115 kV şi cu această tensiune va fi distribută mai departe.

Pentru reglarea şi rezervarea legăturii sistemului energetic Moscova cu reţeaua, se vor instala la substaţiile de recepţie pe lângă transformatorii de 400/115 kV şi transformatori de 220/115 kV.

La substaţiile de recepţie se vor instala deasemenea compensatori puternici sincroni cu răcire cu hidrogen.

Cu tot climatul aspru din centrul teritoriului european al Uniunii Sovietice aceste substaţii vor fi instalate în aer liber. Grupele de transformatori de 400 şi de 220 kV vor avea transformatori suplimentari de tensiune cu reglarea tensiunii de sub sarcină.

Instalaţiile de distribuţie a tuturor tensiunilor s'au proiectat să fie instalate deschise cu bare flexibile. Lăţimea postului de distribuţie de 400 kV este de 25 m, înălţimea stâlpilor de linie — 28 m, şi portali de bare — 16,5 m.

Utilajul pentru linia de transport de energie electrică de 400 kV. Proiectele utilajului au fost elaborate de birourile de construcţii ale Industriei Electrice pe baza datelor tehnice, determinate la compunerea proiectelor acestei linii de transport de energie.

Puterea transformatorilor ridicători este de 370 mii kVA în grupă trifazată, tensiunea — — 13,8/420 sau 13,8/121/420 kV, schema de legătură dintre înfăşurările transformatorilor este triunghi-steaua-steaua, punctul neutru (nul) al înfăşurării de 420 kV este pus direct la pământ, sau printr'o rezistenţă mică; răcirea transformatorilor ridicători se face cu apă şi cu ulei sub presiune.

Puterea transformatorilor coborîtori este de 300 mii kVA în grupă trifazată, tensiunea 410/115/11 kV, schema de legătură a înfăşurărilor este sta-stea-triunghi, punctul neutru al înfăşurării 410 de kV este pus direct la pământ, răcirea se face cu aer.

Tipul întreruptorului de 400 kV este aerian, curentul nominal 2 000 A şi 1 000 A, forţa de rupere 10 milioane kVA, timpul de conectare — 3 perioade. Se studiază deasemenea alţi întrerupători de 400 kV.

Tipul disjonctorului de 400 kV este secţionat, curentul nominal de 2 000 şi 1 500 A. Ca dispozitiv de acţionare se va folosi un electromotor de curent alternativ.

Tipul transformatorului de tensiune de 400 kV va fi în cascadă, coeficientul de transformare:

$$\frac{420\,000}{\sqrt{3}} : \frac{100}{\sqrt{3}} : 100.$$

Puterea transformatorului de clasă (categoria) 0,5 este de 300 VA.

Tipul transformatorului de curent este în „bucle", coeficientul de transformare 2 000—1 000—400/1.

Paratrăsnetele cu ventilaţii de 400 kV vor avea o execuţie suspendată şi rezemată.

Tipul condensatorului de legătură este rezemat.

Condensatori statici pentru compensarea capacitivă longitudinală, vor fi instalaţi în aer liber, izolaţi de potenţialul pământului cu $420/\sqrt{3}$ kV.

Tensiunea compensatorilor sincroni este de 11 kV, puterea — 75 mii kVA, viteza de rotaţie — — 600 rot/min, răcirea — cu hidrogen.

Lucrările pentru realizarea proiectului. La compunerea proiectelor de transport de energie electrică C.H.E. Cuibâşev-Moscova şi C.H.E. Stalingrad-Moscova, organizaţiile de proiectare şi de cercetări ştiinţifice ale Uniunii Sovietice au elaborat o serie de probleme complexe la care se referă şi următoarele: problemele regimurilor de funcţionare şi de reglarea transportului la distanţă; mărirea stabilităţii de funcţionare paralelă; problemele izolaţiei; problemele fenomenelor Corona; problemele supratensiunilor provocate de descărcările atmosferice şi celor interioare; particularităţile protecţiei prin relee, telecomunicaţii, telemecanica, şi automatizarea; partea mecanică a liniei de transport de energie electrică de 400 kV; problemele de comanda dispetchere cu ajutorul sistemelor energetice puterni e şi concentrate; influenţa liniei 400 kV asupra instalaţiilor de telecomunicaţii, etc.

Au fost amenajate instalaţii de laboratoare cu sectoare pentru experimentat, cu linii de 400... 500 kV, pentru experimentarea şi studierea fenomenului Corona a curentului alternativ, paraziţilor de radio, influenţa asupra instalaţiei de telecomunicaţii, vibraţiilor conductorilor, şi deasemenea, pentru cercetarea şi experimentarea stâlpilor şi ale fundaţiilor liniilor de 400 kV.

Pentru studierea fenomenelor de influenţă a chiciurei asupra conductorilor divizaţi, a fost amenajat un sector special al liniei de 400 kV, la mare altutidine, .S'au construit câteva instalaţii experimentale de compensare capacitivă longitudinală.

Organizaţiile ştiinţifico-experimentale de cercetare, după ce au rezolvat problemele principale în legătură cu transportul de 1 000 mii kV la o distanţă de 1 000 km, studiază acum problemele ce urmează, în legătură cu precizarea unor amănunte şi se ocupă cu pregătirea exploatării sistemelor energetice de 400 kV.

Industria electrotehnică a Uniunii Sovietice după ce a terminat executarea modelelor experimentale a utilajului nou şi modern şi încercarea lor, a început să fabrice acest utilaj.

Organizaţiile de construcţii au început din 1952 să se ocupe de construcţia liniei cu două circuite de transport de energie electrică C.H.E. Cuibâşev-Moscova, a substaţiilor coborîtoare şi posturilor de comutaţie.

In faţa specialiştilor energetici sovietici şi a constructorilor de maşini electrice, s'a pus problema de onoare — de a construi cele mai mari şi cele mai puternice linii de transport de energie electrică din lume — în termene stabilite de Guvern. Putem fi siguri că această problemă va fi îndeplinită cu cinste de aceşti specialişti.

★

MĂSURAREA CURENȚILOR CAPACITIVI CU PUNEREA LA PĂMÂNT MONOPOLARĂ ÎN SISTEMELE CU NEUTRUL IZOLAT

Docent A. A. SPIRIN și Cand. în științe tehnice G. V. VECIHAIZER

Se examinează procedeele de măsurare a curenților capacitivi cu punere la pământ monopolară, în cazurile când neutrul rețelei la care se fac măsurările este deplasat. Se propune un procedeu de aflare a curentului capacitiv după valoarea medie a decalărilor complete a sistemului cu neutrul izolat, ce se produc la punerea alternativă la pământ a fazelor prin bobina de șoc. Se dă curba corecțiilor de care trebue să se țină seama la măsurările practice.

După cum se știe, la rezolvarea problemei folosirii bobinelor de șoc (Petersohn), la sistemele cu neutrul izolat și la reglarea inducției lor, trebue să fie cunoscut curentul punerii la pământ monopolare. Determinarea acestui curent nu se poate face prin calcule cu o precizie suficientă, deoarece capacitatea parțială care-l determină C_0, la rețelele de cabluri nu este constantă și se modifică cu timpul, în funcție de variația constantei dielectrice a izolației cablurilor. Măsurarea directă a curentului cu punere la pământ monopolară este legată de riscuri serioase, întrucât punerea la pământ a vreunei alte faze în timpul măsurării provoacă un scurt circuit bipolar și deconectarea liniei.

L. I. Siroținschi a propus o nouă metodă de măsurare indirectă a curentului cu punerea la pământ monopolară (L. 1). Conform acestei metode, una din fazele sistemului se pune în contact cu pământul, prin o bobină de șoc. Mărimea deplasării neutrului, care apare cu această ocazie, se măsoară cu un voltmetru conectat între pământ și un punct zero creat artificial (punctul zero al transformatorului de tensiune). In același timp se măsoară și curentul ce trece prin bobina de șoc. După mărirea deplasării neutrului și a curentului prin bobina de șoc, se determină curentul cu punere la pământ monopolară după formula:

$$I_{păm} = I_{șoc} \frac{U_f}{U_0} \qquad (1)$$

în care $I_{păm}$ este curentul punerii la pământ monopolare; $I_{șoc}$ este curentul ce trece prin bobina de șoc; U_f tensiunea pe fază a sistemului și U_0 este decalarea neutrului, determinată de conectarea bobinei de șoc.

Metoda lui L. I. Siroținski presupune că sistemul în care se face măsurarea curentului cu punere la pământ monopolară, este simetric și de aceea vectorii tensiunilor pe fază sunt egali între ei și sunt decalați cu 120°; potențialul neutrului sistemului este egal cu zero. Când una din faze se pune la pământ prin bobina de șoc, se produce o deplasare a neutrului, a cărei mărime depinde de parametrii bobinei de șoc și a tensiunii pe fază.

Totuși, în pratica măsurării curenților punerii la pământ, folosirea acestei metode întâmpină unele dificultăți, legate de faptul că potențialul neutrului din sistem nu este egal cu zero (neutrul este deplasat), iar direcțiile vectorilor acestei deplasări $\overline{U}_0$ și a deplasării neutrului determinată de conectarea bobinei de șoc, nu sunt cunoscute. Aceste dificultăți s'au văzut de pildă, la măsurările în rețeaua de 20 kV, la unul din sisteme.

La măsurările produse într'una din zonele rețelelor sistemului, deplasarea proprie a neutrului a constituit 44 V. In legătură cu aceasta, deplasările neutrului—la conectarea bobinei de șoc pe rând la fiecare fază—nu au fost aceleași și calculele după formula (1) au dat o diferență aproape dublă a valorilor $I_{păm}$. In realitate însă, după cum se va arăta mai jos, diferența dintre curenții $I_{păm}$ a diferitelor faze constitue doar câteva procente. In practică, de fapt, se și ia curentul $I_{păm}$ ca identic la punerea la pământ a oricăreia din faze.

Se poate arăta (vezi anexa) că metoda lui L. I. Sirotinschi poate fi folosită și atunci când există o deplasare proprie a neutrului, dacă la numitorul formulei (1) se va pune nu deplasările totale ale neutrului U_{01}, U_{02}, și U_{03}, ci numai acea parte a lor care este condiționată de conectarea bobinei de șoc U_0 șoc. Și atunci:

$$I_{păm} = I_{șoc} \frac{Uf}{U_{0\,șoc}} \qquad (2)$$

componenta deplasării neutrului, condiționată de conectarea bobinei de șoc, poate fi determinată, dacă sunt cunoscuți, ca mărime și fază, vectorii $\overline{U}_{01}$, $\overline{U}_{02}$, și $\overline{U}_{03}$, fiecare din ei constituind suma $\overline{U}_0$ și a corespondentului $\overline{U}_{0\,șoc}$ (fig. 1).

Adunând acești trei vectori, se va obține un vector triplat U_0, întrucât vectorii $\overline{U}'_{0\,șoc}$ $\overline{U}''_{0\,șoc}$ și $\overline{U}'''_{0\,șoc}$ sunt egali în mărime și decalați în fază cu 120°, dând în total zero.

Așadar, scăzând geometric din vectorii cunoscuți $\overline{U}_{01}$, $\overline{U}_{02}$ și $\overline{U}_{03}$, vectorul $\overline{U}_0$, se va obține componenta deplasării neutrului condiționată de conectarea bobinei de șoc, tocmai ceeace interesează.

Măsurarea mărimii și a fazei vectorilor $\overline{U}_{01}$, $\overline{U}_{02}$ și $\overline{U}_{03}$ se poate face cu ajutorul schemei *) din fig. 2.

Wattmetrul W servește pentru determinarea unghiurilor dintre $\overline{U}_{01}$, $\overline{U}_{02}$ și $\overline{U}_{03}$ și dintre respectivele tensiuni de faze.

După cum se știe, wattmetrul arată mărimea $UI \cos \varphi$. La schema conectării arătată în fig. 2:

$$U = U_{01}, \quad I = \frac{Uf}{R}$$

*) Din Electricestro, 11 (1951).

*) Schema din fig. 2 și rezultatele măsurării a fost prezentată de autorii Aliev și Tiganova.

φ este unghiul dintre $\overline{U}_{01}$ şi $\overline{U}_f$. Prin urmare, indicaţiile wattmetrului vor da :

$$P = U_{01} \frac{U_f}{R} \cos \varphi.$$

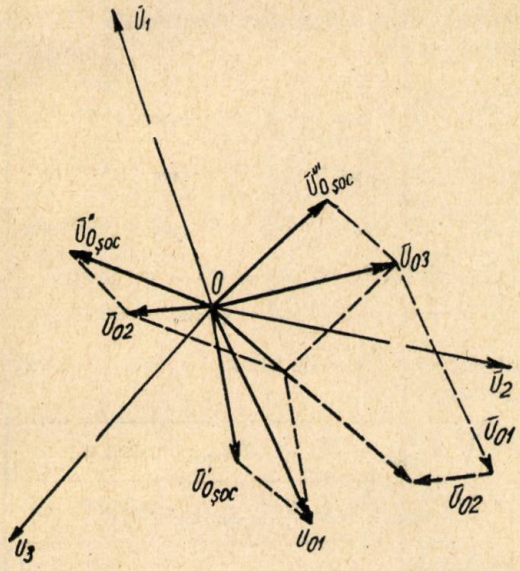


Fig. 1. Diagrama vectorială a decalării totale a neutrului, a decalării proprii a netrului şi a decalării provocată de conectarea bobinei de şoc.

Conectând bobina de şoc la oricare fază şi măsurând cu wattmetrul pe rând toate cele trei faze, se vor obţine trei citiri, şi anume :

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= U_{01} \frac{U_{f_1}}{R} \cos \varphi_{101} \\ P_2 &= U_{01} \frac{U_{f_2}}{R} \cos \varphi_{201} \\ P_3 &= U_{01} \frac{U_{f_3}}{R} \cos \varphi_{301} \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

După cum se vede din formula (3), mărimile P_1, P_2 şi P_3 obţinute, sunt proporţionale cu proiecţiile vectorului $\overline{U}_{01}$ la tensiunile pe fază corespunzătoare. Se aşează aceste mărimi la o scară anumită pe diagrama vectorială (fig. 3) în sensul tensiunilor pe fază corespunzătoare. După cum se vede, capătul vectorului $\overline{U}_{01}$ trebue să se găsească în acelaşi timp pe perpendicularele pornite din punctele *a*, *b* şi *c*. Prin urmare, punctul de intersecţie al acestor perpendiculare va determina capătul vectorului $\overline{U}_{01}$. Trebue să menţionăm că vectorul $\overline{U}_{01}$ se va obţine aşezat pe scara $\frac{U_{01}}{l}$ în care U_{01} este deplasarea neutrului, măsurată cu voltmetrul V_0, iar l este lungimea vectorului U_{01} de pe desen.

Pentru a se obţine mărimea şi direcţia vectorului $\overline{U}_{01}$ ajung numai două măsurări, cea de a treia măsurare fiind numai de control.

Aceleaşi măsurări şi construcţii trebue să fie executate şi pentru determinarea vectorilor $\overline{U}_{02}$ şi U_{03}, după care problema se rezolvă tot aşa cum s'a arătat mai sus.

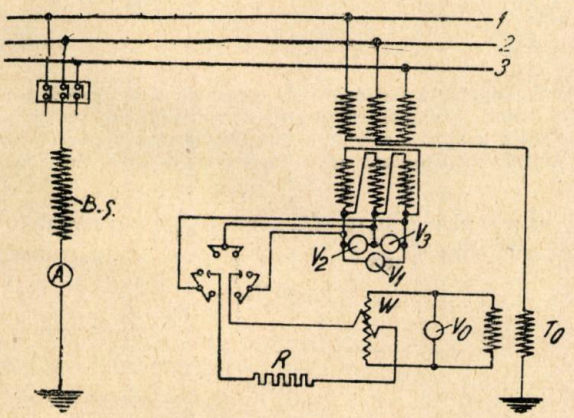


Fig. 2. Schema conectării bobinei de şoc şi a aparatelor pentru determinarea curentului cu punere la pământ monopolară şi când avem decalarea proprie a neutrului din sistem.

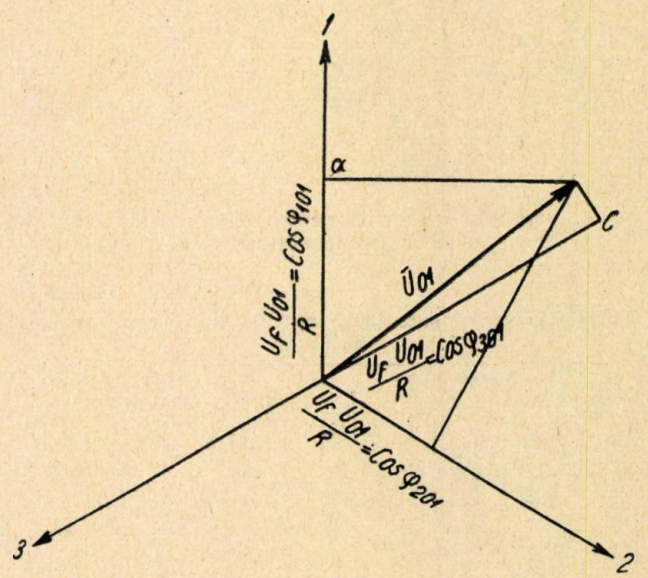


Fig. 3. Construcţia vectorului U_{01} după proecţiile lui pe vectoarele tensiunilor pe fazele *1*, *2* şi *3*.

Exactitatea citirilor făcute după wattmetru la fiecare conectare a bobinei de şoc se poate vedea din faptul că suma indicaţiilor wattmetrului trebue să fie egală cu zero. Intr'adevăr :

$$P_1 + P_2 + P_3 = \frac{U_f}{R} U_{01} \cos \varphi_{101} + \frac{U_f}{R} U_{01} \cos \varphi_{201} + \frac{U_f}{R} U_{01} \cos \varphi_{301} = \frac{U_f - U_{01}}{R} \left[\cos \varphi_{101} + \cos (120 + \varphi_{101}) + \cos (240 + \varphi_{101}) \right] = 0,$$

Pentru a ilustra aplicările metodei descrise, se dă calculul curenţilor cu punere la pământ monofazică, făcut în baza măsurărilor unei zone de reţea a unui sistem energetic. Datele măsurărilor sunt concretizate în tabela 1. In fig. 4 este dată

diagrama vectorială, construită după metoda indicată.

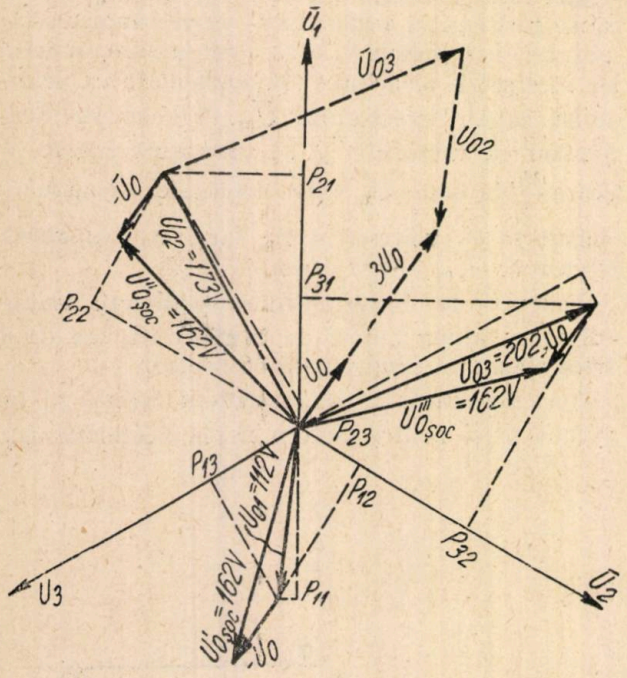


Fig. 4. Diagrama vectorială pentru determinarea lui U_{111} după indicaţiile wattmetrului

Tabela 1

Datele măsurărilor curentului capacitiv al unei zone de reţea de 20 kV

Bobina de şoc este conectată la fază	Deplasarea neutrului V		Curentul în bobina de şoc A	Tensiunea pe fază V	Faza la care este conectat wattmetrul	Indicaţiile wattmetrului	
	Până la conectarea bobinei	După conectarea bobinei				Notările cu litere	Mărimea cifrică în waţi
					1	P_{11}	−5340
1	44	112	0,140	11 900	2	P_{12}	+2200
					3	P_{13}	+3160
					1	P_{21}	+7760
2	44	173	0,139	11 900	2	P_{22}	−7600
					3	P_{23}	− 160
					1	P_{31}	+4080
3	44	202	0,140	11 900	2	P_{32}	+6000
					3	P_{33}	−10140

După mărimea lui $U_{0\,şoc} = 162$ V se determină curentul capacitiv al punerii la pământ:

$$I_{păm} = 0{,}140\,\frac{11\,900}{162} = 10{,}3\text{ A}$$

Curentul de punere la pământ obţinut după calcul este egal cu 12,8 A.

Precizia calculelor făcute după metoda prezentată, în raport cu construcţiile grafice, abia dacă va depăşi 5%; în cazul dat, însă, nici nu e nevoie de o precizie mai mare.

Aceeaşi precizie se poate obţine fără a se mai recurge la măsurări cu ajutorul wattmetrului şi a construirii diagramei vectoriale. Intr'adevăr, dacă în locul mărimii deplasării determinate de conectarea bobinei de şoc, se va folosi valoarea medie a tensiunilor de deplasare, măsurate la conectarea bobinei de şoc pe rând la cele trei faze, atunci la anumite raporturi dintre U_0 şi $U_{0\,şoc}$ diferenţa dintre $U_{0\,şoc}$ şi $U_{0\,m}$ nu va depăşi orice altă mărime dată anterior.

Plecând dela diagrama vectorială (fig. 5) se va putea scrie:

$$\left.\begin{aligned} U_{01} &= \sqrt{U_{0şoc}^2 + U_0^2 - 2U_{0şoc}U_0\cos a_1}\,; \\ U_{02} &= \sqrt{U_{0şoc}^2 + U_0^2 - 2U_{0şoc}U_0\cos a_2}\,; \\ U_{03} &= \sqrt{U_{0şoc}^2 + U_0^2 - 2U_{0şoc}U_0\cos a_3}\,; \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Insă $a_1 = 180^0 - \varphi$; $a_2 = 60 - \varphi$; şi $a_3 = -60 + \varphi$; $\cos(180^0 - \varphi) = -\cos\varphi$.

Substituind valorile lui a_1, a_2 şi a_3 din expresia (4), se va obţine:

$$\left.\begin{aligned} U_{01} &= \sqrt{U_{0şoc}^2 + U_0^2 + 2U_{0\,şoc}U_0\cos\varphi}\,; \\ U_{02} &= \sqrt{U_{0şoc}^2 + U_0^2 - 2U_{0\,şoc}U_0\cos(60^0 - \varphi)}\,; \\ U_{03} &= \sqrt{U_{0\,şoc}^2 + U_2^0 - 2U_{0\,şoc}U_0\cos(60^0 + \varphi)}\,; \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Valoarea medie a deplasării neutrului va fi:

$$U_{0\,m} = \frac{U_{01} + U_{02} + U_{03}}{3}$$

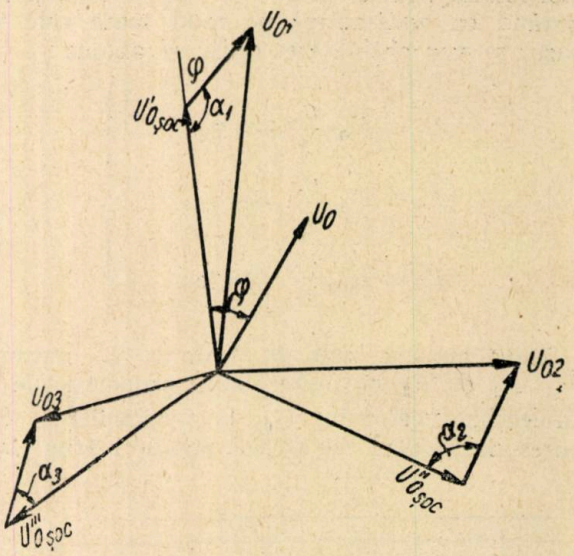


Fig. 5. Diagrama vectorială de repartiţie a deplasării totale a neutrului, a deplasării proprii a neutrului din sistem şi a deplasării proprii a neutrului din sistem şi a deplasării neutrului condiţionată de conectarea bobinei de şoc.

iar diferenţa dintre $U_{0\,m}$ şi $U_{0\,şoc}$ exprimată în procente din $U_{0şoc}$:

$$b = \frac{\frac{U_{01} + U_{02} + U_{03}}{3} - U_{0\,şoc}}{U_{0\,şoc}}\,100,$$

sau:

$$b = \left(\frac{U_{01} + U_{02} + U_{03}}{3U_{0\,şoc}} - 1\right)100. \quad (6)$$

Punând în expresia (6) în loc de U_{01}, U_{02} și U_{03}, valorile lor din expresia (5), se va obține :

$$b = \left[\frac{1}{3}\left(\sqrt{1 + a^2 + 2a\cos\varphi} + \right.\right.$$
$$+ \sqrt{1 + a^2 - 2a\cos(60^0 - \varphi)} +$$
$$\left.\left. + \sqrt{1 + a^2 - 2a\cos(60^0 + \varphi)}\right) - 1\right] \cdot 100 \quad (7)$$

în care :

$$a = \frac{U_0}{U_{0\,soc}}$$

După cum se vede din expresia (7), la aceleași mărimi (invariabile) ale lui U_0 și $U_{0\,soc}$ mărimea b depinde de unghiul φ. Această dependență pentru $a = 0{,}5$; 0,75 și 1 este dată în fig. 6.

După cum se vede din fig. 6, b trece prin ciclul întreg de modificări la variația lui φ dela 0 până la 120^0.

Punctele maxime ale lui b au loc la coinciderea în fază a vectorului $\bar{U}_0$ și a unuia din vectorii $\bar{U}_{0\,soc}$ iar cele minime sunt atunci când $\bar{U}_0$ este opusă unuia din $\bar{U}_{0soc}$.

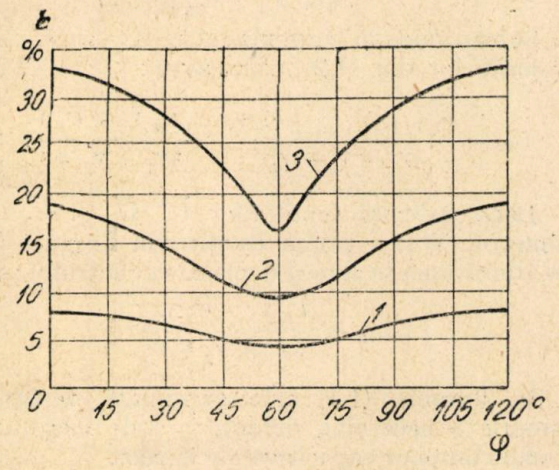


Fig. 6. Dependența diferenței b de modificările unghiului φ : $1 - a = 0{,}5$; $2 - a = 0{,}75$; $3 - a = 1$.

In fig. 7 este prezentată dependența mărimilor b, maximă și minimă, de $U_0/U_{0\,m}$ (curbele a și b). După curba c, care ocupă poziția medie între curbele a și b, se pot stabili corecțiile, folosind mărimea $U_{0\,m}$ în loc de $U_{0\,soc}$.

In fig. 8 este dată dependența unei erori posibile de $\frac{U_0}{U_{0\,m}}$ din care reiese că această eroare se află în limitele de 5%, dacă $\frac{U_0}{U_{0\,m}} \leqslant 0{,}65$.

Așa dar, determinarea curentului cu punere la pământ poate fi împărțită în următoarele etape : 1) măsurarea lui U_0 cu ajutorul voltmetrului V_0 ; 2) conectarea bobinei de șoc pe rând la cele trei faze și măsurarea lui U_{01}, U_{02} și U_{03} (inductivitatea bobinei de șoc se alege în așa fel ca $\frac{U_0}{U_{0\,m}}$ să fie mai mică de 0,65 ; 3) aflarea lui U_{0m} și a raportului $\frac{U_0}{U_{0m}}$; 4) aflarea corecției după raportul $\frac{U_0}{U_{0m}}$ după curba din fig. 9 și calcularea lui :

$$U_{0\,soc} = \frac{U_{0\,m} \cdot 100}{100 + b\%} ;$$

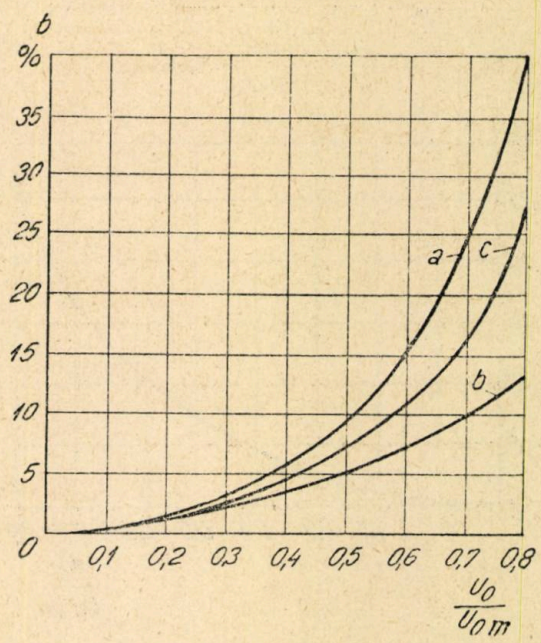


Fig. 7. Dependența diferențelor maximă (a), minimă (b) și medie (c) de raportul $\frac{U_0}{U_{0m}}$

5) aflarea curentului cu punere la pământ după formula (2)

Exemplul 1. Din tabelă se găsește că $U_0 = 44$ V ; $U_{01} = 112$ V ; $U_{02} = 173$ V ; $U_{03} = 202$ V.

Se determină :

$$U_{0m} = \frac{112 + 173 + 202}{3} = 162{,}3 \text{ V}$$

și :

$$\frac{U_0}{U_{0m}} = \frac{44}{162} = 0{,}27.$$

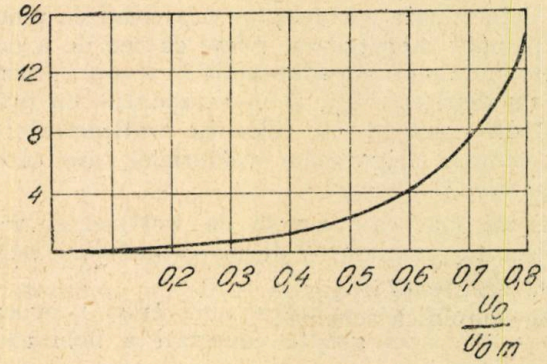


Fig. 8. Dependența unei erori posibile a raportului $\frac{U_0}{U_{0\,m}}$ la introducerea unei corecții medii b_m în locul unei corecții reale, pentru determinarea lui $U_{0\,m}$ după cunoscutul $U_{0\,m}$.

Corecția după curba din fig. 9 este egală cu 1,5%. In consecință :

$$U'_{0m} = U_{0\,soc} = \frac{162{,}3 \cdot 100}{100 + 1{,}5} = 160 \text{ V}$$

ceeace, practic, coincide cu valoarea obținută pe baza primei metode.

Exemplul 2:

$$U_0 = 620\ \text{V};\quad U_{01} = 350\ \text{V};\quad U_{02} = 1400\ \text{V};\quad U_{03} = 1\,400\ \text{V};$$

$$U_{0m} = \frac{350 + 1400 + 1400}{3} = 1050\ \text{V};$$

$$\frac{U_0}{U_{0m}} = \frac{620}{1050} = 0{,}59.$$

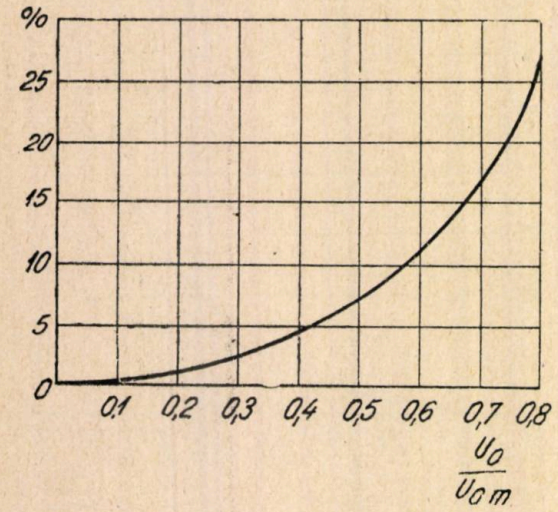


Fig. 9. Curba ecuațiilor pentru determinarea lui $U_{0\,şoc}$ după $U_{0\,m}$ cunoscut.

Corecția este egală cu 10%. Prin urmare:

$$U'_{0m} = U_{0\,şoc} = \frac{1\,050 \cdot 100}{100 + 10} = 950\ \text{V}.$$

Componenta deplasării, condiționată de conectarea bobinei de șoc și determinată după prima metodă este:

$$U_{0\,şoc} = 970\ \text{V}.$$

Atunci eroarea va constitui:

$$\frac{970 - 950}{970} 100 = 2\%.$$

Concluzii: 1. Din cele două metode examinate de determinare a curenților capacitivi cu punere la pământ monopolară, reiese că cea de a doua metodă dă o eroare adaptabilă în scopuri practice ce nu depășește 5% și în comparație cu prima metodă (metoda cu folosirea wattmetrului și construirea diagramelor vectoriale), are câteva avantaje, și anume:

a) nu mai este nevoie de wattmetru, de o rezistență auxiliară, și de un comutator, ceeace simplifică schema;

b) exclude posibilitatea unei erori provocate din cauza unei greșite conectări a bobinajelor wattmetrului;

c) procesul de măsurare se simplifică și se scurtează;

d) nu mai este nevoie să se construiască diagramele vectoriale, ceeace exclude erorile provocate de ele și dă o economie de timp.

Având în vedere aceste avantaje, se va folosi de regulă aceasta a doua metodă de măsurare indirectă a mărimii curentului capacitiv cu punere la pământ monopolară.

2. Determinarea curentului capacitiv după prima metodă, cu folosirea wattmetrelor și construirea diagramelor vectoriale, se va face numai în acele cazuri, când datorită unor anumite motive, nu putem avea $\frac{U_0}{U_m} < 0{,}65$, ca de exemplu la o impurificare prea mare a izolației liniilor aeriene.

Anexă

In general, deplasarea neutrului:

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{U}_1 Y_1 + \bar{U}_2 Y_2 + \bar{U}_3 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \qquad (I,1)$$

în care $\bar{U}_0$ este deplasarea neutrului; $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, $\bar{U}_3$ sunt tensiunile pe fază ale sistemului; Y_1, Y_2, Y_3 sunt conductanțele conectate în stea. In acest caz, ele reprezintă conductanțele capacitive ale fazelor ce condiționează curentnl cu punere la pământ. Dacă se ia cazul:

$$Y_1 \neq Y_2 \neq Y_3$$

și Y_1 este cea mai mică din ele, atunci Y_2 și Y_3 pot fi reprezentate în modul următor:

$$\left.\begin{aligned} Y_2 &= Y_1 + Y'_2 \\ Y_3 &= Y_1 + Y'_3 \end{aligned}\right\} \qquad (I,2)$$

Substituind în formula (I,1) Y_2 și Y_3 prin valorile lor din (I,2), vom avea:

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{U}_1 Y_1 + \bar{U}_2 Y_1 + \bar{U}_3 Y_1}{3Y_1 + Y'_2 + Y'_3} + \frac{\bar{U}_2 Y_2 + \bar{U}_3 Y_3}{3Y_1 + Y'_2 + Y'_3} \qquad (I,3)$$

Dacă sistemul tensiunilor $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$ și $\bar{U}_3$ este simetric, atunci prima fracție din formula (I,3) se transformă în zero și deplasarea neutrului va fi:

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{U}_2 Y'_2 + \bar{U}_3 Y_3}{3Y_1 + Y'_2 + Y'_3} \qquad (I,4)$$

In formula (I,4) este exprimată deplasarea proprie a neutrului, determinată de inegalitatea conductanțelor capacitive ale fazelor.

Dacă fiecare fază fi pe rând pusă la pământ prin aceeași conductanță inductivă $Y_{şoc}$, atunci deplasările neutrului produse de fiecare dată, pot fi exprimate în modul următor:

$$\bar{U}_{01} = \frac{\bar{U}_1 Y_{şoc} + \bar{U}_2 Y'_2 + U_3 Y'_3}{3Y_1 + Y'_2 + Y'_3 + Y_{şoc}}; \qquad (I,5)$$

$$\bar{U}_{02} = \frac{\bar{U}_2 Y'_2 + \bar{U}_3 Y'_3 + \bar{U}_2 Y_{şoc}}{3Y_1 + Y'_2 + Y'_3 + Y_{şoc}}; \qquad (I,6)$$

$$\bar{U}_{03} = \frac{\bar{U}_2 Y_2' + U_3 Y'_3 + \bar{U}_3 Y_{şoc}}{3Y_1 + Y'_2 + Y'_3 + Y_{şoc}}. \qquad (I,7)$$

Formulele (I,5), (I,6) și (I,7) sunt deduse la fel ca și formula (I,4). Putem să neglijăm mărimea sumei:

$$Y'_2 + Y'_3 + Y_{şoc}$$

ce se află la numitorii acestor formule, întrucât Y_2' și Y_2' sunt mici, iar $Y_{şoc}$, după cum arată măsurările, constitue cel mult 1...2% Y_1, și atunci:

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{U}_2 Y'_2 + \bar{U}_3 Y'_3}{3Y_1}; \qquad (I,8)$$

$$\overline{U}_{01} = \frac{\overline{U}\,Y'_2 + \overline{U}_3 Y'_3}{3Y_1} + \frac{\overline{U}_1 Y_{şoc}}{3Y_1} = \overline{U}_0 + \overline{U}'_{0şoc} \quad (I.9)$$

$$U_{02} = \frac{\overline{U}_2 Y'_2 + \overline{U}_3 Y'_3}{3Y'} + \frac{\overline{U}_2 Y_{şoc}}{3Y'} = \overline{U}_0 + \overline{U}''_{şoc}; \quad (I,10)$$

$$\overline{U}_{03} = \frac{\overline{U}_2 Y'_2 + \overline{U}_3 Y'_3}{3Y_1} + \frac{\overline{U}_3 Y_{şoc}}{3Y_1} = \overline{U}_0 + \overline{U}'''_{0şoc} \quad (1,11)$$

In aceste formule $\overline{U}_0$ este deplasarea proprie a neutrului, condiţionată de inegalitatea conductanţelor diferitelor faze, iar $\overline{U}'_{0şoc}$, $\overline{U}''_{0şoc}$ şi $\overline{U}'''_{şoc}$ sunt deplasările neutrului provocate numai de conectările bobinei de şoc (fig. 1).

Scăpând de numitor în formulele (I,4), (I,5), (I,6) şi (I,7), vom avea :

$$\overline{U}_{01}(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3) + \overline{U}_{01} Y_{şoc} = \overline{U}_2 Y'_2 + \overline{U}_3 Y_3 + \overline{U}_1 Y_{şoc} \quad (I,12)$$

$$\overline{U}_{02}(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3) + \overline{U}_{02} Y_{şoc} = \overline{U}_2 Y_2' + \overline{U}_3 Y'_3 + \overline{U}_2 Y_{şoc} \quad (I,13)$$

$$\overline{U}_{03}(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3) + \overline{U}_{03} Y_{şoc} = \overline{U}_2 Y'_2 + \overline{U}_3 Y'_3 + \overline{U}_3 Y_{şoc} \quad (I,14)$$

$$\overline{U}_0(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3) = \overline{U}_2 Y'_2 + \overline{U}_3 Y'_3 \quad (I,15)$$

Punând în formulele (I,12), (I,13), şi (I,14) $\overline{U}_1(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3)$ în locul lui $(\overline{U}_2 Y'_2 + \overline{U}_3 Y'_3)$ trecând termenii ce conţin $Y_{şoc}$ într'o parte a egalităţii, iar termenii ce conţin $3Y_1 + Y'_2 + Y'_3$ în cealaltă parte şi făcând reducerea termenilor asemenea vom avea :

$$(\overline{U}_{01} - \overline{U}_0)(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3) = (\overline{U}_1 - \overline{U}_{01}) Y_{şoc}; \quad (I,16)$$

$$(\overline{U}_{02} - \overline{U}_1)(3Y_1 + Y'_2 + Y'_3) = (\overline{U}_2 - \overline{U}_{02}) Y_{şoc}; \quad (I,17)$$

$$(\overline{U}_{03} - \overline{U}_0)(3Y_1 + Y'_2 + Y'_0) = (\overline{U}_3 - \overline{U}_{03}) Y_{şoc} \quad (I,18)$$

Ţinând seama că partea din dreapta a egalităţilor (I,16) (I,17) şi (I,18) reprezintă curentul ce trece prin bobina de şoc atunci când este conectată la faza respectivă şi că :

$$3Y_1 + Y'_2 + Y'_3 \approx 3Y_1$$

putem scrie :

$$3Y_1 = \frac{\overline{I}_{şoc\,1}}{\overline{U}_{01} - \overline{U}_0} = \frac{\overline{I}_{şoc\,2}}{\overline{U}_{02} - \overline{U}_0} = \frac{\overline{I}_{şoc\,3}}{\overline{U}_{03} - \overline{U}_0} \quad (I.19)$$

Din formulele (I,9), (I,10) şi (I,11) se vede că :

$$\overline{U}_{01} - \overline{U}_0 = \overline{U}'_{0şoc}$$
$$\overline{U}_{02} - \overline{U}_0 = \overline{U}''_{0şoc}$$
$$\overline{U}_{03} - \overline{U}_0 = \overline{U}'''_{0şoc}$$

Aşadar :

$$3Y_1 = \frac{\overline{I}_{şoc\,1}}{\overline{U}'_{0şoc}} = \frac{\overline{I}_{şoc\,2}}{\overline{U}''_{0şoc}} = \frac{\overline{I}_{şoc\,3}}{\overline{U}'''_{0şoc}} \quad (1,20)$$

După cum se ştie, curentul cu punere la pământ monopolară într'un sistem trifazic este :

$$\overline{I}_{păm} = 3\,\overline{U}_f\,\omega\,C_0 = 3\,\overline{U}_f\,Y_1.$$

Inlocuind pe $3Y_1$ prin valoarea lui din formula (I,20), vom avea :

$$\overline{I}_{păm} = \overline{I}_{şoc\,1}\frac{\overline{U}_f}{\overline{U}'_{0şoc}} = \overline{I}_{şoc2}\frac{\overline{U}_f}{\overline{U}''_{0şoc}} = \overline{I}_{şoc3}\frac{\overline{U}_f}{\overline{U}'''_{0şoc}}$$

aşadar, în general, vom putea scrie :

$$\overline{I}_{păm} = \overline{I}_{şoc}\frac{\overline{U}_f}{U_{şoc}} \quad (I,21)$$

Bibliografie:

Jdanov S. P. : Măsurarea mărimii curentului cu punere la pământ monopolară la reţeaua de cabluri a Moscovei. Revista „Uzinele Electrice", 11—12 (1930).

★

NOTE ● RECENZII

DOLUHANOV P. M.: *Propagarea undelor radio* (Rasprostranenie radiovoln), Sviazisdat, Moscova, 1951.

Cartea de față este un manua pentru uzul institutelor de telecomunicații din U.R.S.S., și se încadrează pe linia preocupărilor sovietice relative la propagarea undelor radio. Aceste preocupări sunt vechi în Uniune, unde încă din 1923 există un curs sistematic despre problemele legate de propagarea undelor radio, curs ținut pe atunci de cunoscutul cercetător M. V. Șuleichin. Cercetările relative la propagarea undelor au format apoi obiectul a numeroase studii, monografii și cărți, din care cităm pe cele mai importante: o monografie de M. A. Bonci — Bruevici apărută în 1934; „Propagarea undelor de radio în ionosferă", de Ia. L. Alpert, Gostehizdat, 1947; B. A. Vvedenschi și A. G. Arenberg, „Problemele propagării undelor ultrascurte", în editura Sovețcoe Radio, 1948; „Noi cercetări asupra propagării undelor radio", apărută în editura Academiei de Științe din U.R.S.S., 1948, și datorită unui colectiv format din: M. A. Leonovici, V. A. Fok, G. A. Grinberg, E. L. Feinberg. In fine nu trebue să uităm studiile clasice ale Acad. V. A. Fok asupra „Difracției undelor radio în jurul suprafeței pământului", 1946, editura Academiei de Științe din U.R.S.S.

Această scurtă enumerare, evident necompletă, arată marele interes acordat în U.R.S.S. problemei atât de importante, și totodată atât de dificilă, care este problema propagării undelor radio.

Manualul de față care are în total 491 pagini, se caracterizează prin claritatea și simplitatea cu care abordează problemele cele mai dificile, și prin faptul că tratează toate problemele care se pun în teoria și practica propagării undelor radio fără a utiliza un aparat matematic prea complicat: în afară de câteva cazuri rare, când se utilizează și calculul integral și cel diferențial, în general sunt suficiente cunoștințele elementare de algebră și trigonometrie.

După o introducere în care se arată desvoltarea în U.R.S.S. a studiilor relative la problemele de propagare, urmează un tabel foarte important pentru cel care studiază cartea, și anume un tabel sinoptic de patru pagini, în care sunt cuprinse notațiile utilizate în carte, astfel încât dacă la un moment dat consultând cartea, la o anumită formulă nu se cunoaște semnificația atribuită unei litere, acest lucru se poate afla imediat consultând tabelul sinoptic. Acest tabel mai are însă un mare avantaj didactic, și anume acela că unei litere i se atricbue un singur sens, ea reprezintă o singură mărime, și atunci studenții nu se mai încurcă din cauza schimbărilor de notație.

Primul capitol al cărții e dedicat problemelor generale ale propagării undelor radio. Se formulează mai întâi principalele probleme de propagare și radiație, trecându-se apoi la cea mai simplă problemă de propagare, și anume la propagarea unei unde plane, într'un mediu dielectric omogen și isotrop, rezultatele obținute aci fiind imediat utilizate la problema mai dificilă a propagării undelor plane în mediile omogene și isotrope semiconductoare. Acest din urmă studiu se face formal identic cu primul caz studiat, introducând constanta dielectrică complexă. Pentru ambele situații se dau imagini intuitive ale principalelor fenomene fizice care se produc; de asemeni se dau exemple numerice care să ilustreze formulele. Se studiază apoi reflectarea undelor electromagnetice de către suprafețele plane și se introduc foarte simplu și natural formulele lui Fresnel.

Cap. 2 studiază propagarea undelor la suprafața solului. Aci se arată modificările aduse de Șuleichin formulei lui Sommerfeld, și se dă o demonstrație simplă pentru formula lui Șuleichin — van der Pol, care permite calcularea intensității câmpului electromagnetic ce se propagă la suprafața unui sol real, cu pierderi. In fine, pentru calcularea câmpului la distanțe mari, se dau formule de difracție, în care se ține seama de faptul că pământul e sferic.

Al treilea capitol al cărții este mult mai desvoltat, având 100 pagini și tratând despre ionosferă. Era normal ca acest capitol să fie atât de desvoltat, ținând seama de importanța pe care o are ionosfera în fenomenele de propagare. Ca întotdeauna, și la tratarea acestui subiect se urmează calea naturală, prezentându-se mai întâi fenomenele fizice care produc ionizarea în atmosferă, Se studiază apoi propagarea undelor plane într'un gaz ionizat omogen și se introduc noțiunile de viteză de fază și de viteză de grup. Se face apoi un studiu mai exact al propagării în gaze, ținând seama de fenomenul de coliziune și de faptul că undele radio se propagă în ionosferă în prezența câmpului magnetic terestru. Se explică astfel și se dau formule cantitative pentru refractarea și reflectarea undelor radio în ionosferă. Se trece apoi la expunerea metodelor fizice de investigare a ionosferei și la prezentarea datelor experimentale relative la principalele fenomene ionosferice, inclusiv neregularitățile ce se produc.

Cu aceasta se închee prima parte a cărții, în care s'a expus materialul auxiliar pe baza căruia se poate ataca obiectul principal, anume calcularea intensității câmpului în diferitele cazuri concrete pe care le pune practica. Aceasta formează obicetul părții a doua, în care se studiază pe rând metodele cu ajutorul cărora se poate calcula intensitatea câmpului electromagnetic al undelor radio de diferite frecvențe. Se începe cu studierea cazului undelor lungi, trecând apoi la undele medii, la cele scurte și la cele ultra scurte. Având în vedere importanța undelor scurte și ultrascurte, și aceste două capitole sunt foarte desvoltate, având respectiv 92 și 106 pagini. In ambele capitole se dau atât bazele fizice ale fenomenelor, cât și ipotezele simplificatoare de calcul și numeroase formule și diagrame cu care se pot soluționa problemele concrete.

Ultimul capitol al cărții studiază de asemeni o problemă importantă pentru propagare și radiocomunicații, anume problema perturbațiilor atmosferice și cosmice și metodele pentru combaterea lor. Din cele expuse apare clar că manualul lui Doluhanov tratează toate problemele importante ce se pun în studiile de propagare a undelor radio. Tratarea subiectelor se face utilizând o bună metodă didactică, și anume întâi se expun bazele fizice ale feomenului, trecând apoi la tratarea lui matematică care se face de asemenea în etape, plecând dela cazurile simple spre cele complexe.

Având în vedere că manualul nu este destinat specialiștilor în probleme de propagare — specialiștii sunt formați de institutele electrotehnice și energetice, iar acest manual este destinat institutelor de telecomunicații — unele formule sunt date fără demonstrații, expunându-se numai bazele și justificările fizice. Aceasta nu este însă un impediment, ci chiar o ușurare pentru nespecialiști, ca și pentru cei care vor avea de aplicat formulele în cazuri concrete.

E de observat de asemenea că în manual se dau uneori și metode originale de calcul, cum e de exemplu cazul calculării intensității câmpului electromagnetic în cazul undelor ultrascurte și al unui pământ sferic.

De asemenea este important faptul că toate capitolele cărții cuprind numeroase grafice care ușurează calculele, formule simplificate pentru diferite situații când putem aproxima formula complicată prin alta mai simplă, și în fine fiecare capitol cuprinde exemple numerice care arată clar modul de aplicare al formulelor.

In concluzie, cartea lui Doluhanov este un bun manual de propagarea undelor radio, care corespunde întru totul scopului său.

DOMBROVSKI A. I. *Antene* (Antennîi). Sviazizdat, Moscova, 1951.

Literatura sovietică de specialitate este bogată în tratate despre antene. Ea posedă cartea clasică a lui Fistolkors: Antene, Moscova, 1947, în care se expun bazele teoriei antenelor și care este foarte valoroasă cuprinzând calculate exact părțile reale și imaginare ale impendațelor mutuale dintre doi dipoli situați în diferite poziții relative. Apoi e de menționat tratatul lui G. Z. Aizenberg: Antene pentru legături principale radio, Sviazizdat, Moscova 1948, în care se tratează pe larg problemele antenelor de unde scurte, și în care se descriu pe larg numeroase sisteme de antene existând în U.R.S.S., astfel încât cartea poate fi utilizată cu folos la proectarea antenelor de radio, în special a antenelor rombice care sunt tratate pe larg. Ca tratând probleme conexe sunt de citat cărțile G. S.: Gorelik, Oscilații și unde, Moscova — Leningrad, 1950 și A. A. Harkevici: Fenomene ondulatorii nestaționare, Moscova, Leningrad 1950. Ambele cărți tratează despre sisteme de antene.

Față de aceste cărți, lucrarea lui Dombrovski prezintă un caracter aparte, fiind prezentată drept un memorator des-

tinat a servi la proectarea şi exploatarea antenelor. Totuşi ea este cu mult mai mult decât un memorator, având o foarte desvoltată parte teoretică, cartea fiind caracterizată tocmai prin înaltul său nivel ştiinţific.

Primele două capitole sunt introductive. Primul pleacă dela ecuaţiile lui Maxwell, arată cum se introduce potenţialul lui Hertz, şi arată cum se poate calcula câmpul produs de o distribuţie de curenţi variabili în timp. Al doilea capitol, care se intitulează „Distribuţia curenţilor în conductori" se ocupă de liniile de transmisiuni, arătând cum se calculează curentul şi tensiunea într'un punct al unei linii, şi dând apoi şi o culegere de formule fundamentale din teoria liniilor : impendanţe caracteristice, atenuare, defazaje, la diferite tipuri de linii utilizate în practică. Se arată de asemenea cum se poate utiliza diagrama cercului pentru a soluţiona diferite probleme ce se pun la liniile de transmisiuni. Se dau şi exemple de modul de utilizare al diagramei.

Cu cap. III se intră în teoria propriu zisă a antenelor. Acest capitol se ocupă de teoremele generale ale teoriei antenelor de emisie şi recepţie. In primul rând se enunţă teorema conservări energiei în câmpul electromagnetic, şi se introduce vectorul radiaţiei S, vector cunoscut şi sub numele de vectorul Umov — Poynting. Ca o aplicaţie imediată a acestui vector S, se arată metoda de calculare a rezistenţei de radiaţie a unui radiator, integrând fluxul lui S printr'o suprafaţă ce înconjoară radiatorul. Se dă apoi şi metoda de calculare a aceleiaşi rezistenţe, prin aşa numiă metodă a forţei electromotoare indusă. Următoarea teoremă enunţată este aceea a reciprocităţii. Capitolul se închee cu principiul reciprocităţii aplicat la câmpul electromagnetic ; se utilizează acest principiu la calcularea câmpului produs de un dipol magnetic, cunoscând câmpul produs de un dipol electric, însă metoda nu este mai presus de orice critică. Are în schimb avantajul unei mari simplităţi.

Următorul capitol studiază sistemele radiante elementare : antena simetrică oscilând liber în spaţiu, antena verticală radiind deasupra unui sol plan (se ţine seama de parametrii solului), antena orizontală simetrică oscilând deasupra solului, radiaţia conductorilor parcurşi de unde progresive. La toate aceste sisteme radiante se dă formula câmpului într'o direcţie oarecare, şi la o distanţă oarecare.

Cunoscând expresia câmpului radiat, se poate trece la studierea parametrilor electrici ai antenelor, material ce formează obiectul capitolului IV. Aci se definesc diferiţii coeficienţi caracteristici ai antenelor : de acţiune directivă, de amplificare (câştig) etc. Se dă formula f.e.m. interne dintr'o antenă de recepţie.

Se trece apoi la studiul antenelor de emisie de unde lungi şi de unde medii, descriind tipurile mai des utilizate şi principalele lor caracteristice.

Se dau diagrame ce reprezintă caracteristicele de radiaţie ale diferitelor tipuri de antene.

In mod firesc se trece apoi la studierea sistemelor de antene directive utilizate la posturile de radiodifuziune, în gama 200—2.000 m.

Un capitol foarte important este acela relativ la prizele de pământ ale antenelor de unde medii şi lungi. Acest subiect se întâlneşte rar în literatură, aci însă este tratat în mod complet. Se dau mai întâi unele formulele empirice, apoi se dau formule care determină numărul de conductori necesari, şi în fine se studiază puţin câmpul produs de curenţii din sol.

Partea relativă la undele medii şi lungi se termină cu studierea tipurilor de antene utilizate la recepţionarea acestor unde.

Studiul antenelor de unde scurte începe cu antenele cu grosime, la care se dau principalele caracteristice. Se trece apoi la sistemele directive în care toate antenele sunt alimentate în fază, dându-se caracteristicele lor. In capitolul următor se trece la antenele rombice, la care se dau evident formulele de calcul şi diagramele necesare proectării lor. Se descriu numeroase tipuri de antene, rombice printre care şi antena rombică cu reacţie.

Partea relativă la antenele de unde scurte se închee cu un capitol relativ la antenele de recepţie.

E de remarcat că nu se descriu sisteme directive uzuale în unde scurte, cum ar fi sistemele cu defazaj progresiv.

La antenele de unde metrice, se descriu antene cu reflectori plani antene cu grosime, şi biconale, trecându-se apoi la antenele de radiofuziune, descriindu-se tipurile autilizate la modulaţia în frecvenţă şi la televiziune.

Ultima parte a cărţii tratează o serie de probleme relative la antenele de unde ultrascurte. Se începe prin studierea antenelor superficiale, problemă care necesită un aparat matematic deosebit. Se dă aci teorema lui Stratton — Chu, şi formulele luiKotler, care se utilizează imediat la studierea unor radiatori superficiali. In modul acesta obţinem un răspuns la problema dificilă a structurii câmpului radiat de o astfel de antenă superficială.

Se trece apoi la studierea radiaţiei fantelor plane, a radiatorilor parabolici, a radiaţiei pâlniilor şi a lentilelor utilizate în undele centimetrice.

Cartea se închee cu antene utilizate la liniile radio cu relee, sau aşa numitele cable herţiene, linii la care se utilizează tocmai radiatori din ultimile categorii.

In concluzie, cartea de antene a lui Dombrovschi este o carte foarte bună, atât pentru studierea problemelor, cât şi pentru proectarea şi exploatarea instalaţiilor de antene. Cartea este preţioasă în special prin ultima sa parte, în care studiază şi soluţionează problemele dificile ale antenelor de unde centimetrice.

Ing. E. Nicolau

RAHIMOV GH. P. : *Sorokin A. V.* Electricestvo, 4 (1951), 93.

Articolul este scris în memoria celui care a fost Sorokin A. V.

Sorokin A. V. s'a născut în anul 1892 în oraşul Borisoglobsk, unde şi-a făcut studiile liceale. In anul 1925 a absolvit Politehnica din Leningrad. Activitatea lui s'a desfăşurat în învăţământul superior, unde a avut diferite sarcini.

Dela 1936—1946, A. V. Sorokin a fost decanul Facultăţii Energetice, în care calitate a organizat laboratoarele Facultăţii şi a dat o atenţie deosebită instruirii tinerilor studenţi.

A. V. Sorokin a scris mai mult de 20 de lucrări ştiinţifice în care tratează probleme de măsurarea şi cercetarea tensiunilor înalte.

In ultimul timp, decedatul a ocupat catedra de „Reţele electrice şi sistemele şi tehnica tensiunilor înalte" pe lângă Institutul Politehnic din Asia Mijlocie. A. V. Sorokin a murit la 14 Decembrie 1950.

AZILOV-KARHAUBOV : *Consumul total şi specific de energie în minele de cărbuni în functie de productivitatea lor.* Promâşlennaia Energhetica, 2 (1951), 10—14.

In articolul de faţă autorul arată necesitatea stabilirii normelor de consum ale energiei, în funcţie de productivitatea întreprinderilor.

Savanţii sovietici au dovedit că productivitatea este factorul cel mai important de care depinde consumul total şi specific de energie al întreprinderilor, atelierelor, secţiilor şi agregatului. Până astăzi nu există încă criterii pentru tipizarea întreprinderilor după indici energetici. Pentru rezolvarea acestei probleme este necesar :

1. Să se determine tipul întreprinderii după caracteristicele energetice.
2. Să se scoată la iveală indicii energetici care determină caracteristicile energetice la întreprinderi.
3. Să se determine tipul întreprinderii după consumul specific al energiei la producţia nominală.
4. Să se găsească indicii care determină consumul specific al energiei la producţia nominală a întreprinderii.

Este cunoscut faptul că consumul zilnic în forma cea mai simplă, pe întreprindere, W kW/h şi cel specific ω kW/h, sunt legate prin relaţiile :

$$W = bA + Wc \qquad (1)$$

$$w = b + \frac{Wc}{A} \qquad (2)$$

unde b este componenta reprezentând consumul specific al energiei legată direct de producţie, iar Wc este consumul zilnic de energie independent de cantitatea producţiei de bază.

Dacă am compara caracteristicile energetice ale întreprinderilor de aceeaşi ramură, de exemplu, toate cele extractive de cărbuni, exprimate prin ecuaţiile (1) şi (2) în valoare absolută, ar fi foarte greu de stabilit dacă sunt de acelaşi tip.

Autorul rezolvă foarte simplu această problemă, exprimând caracteristicile energetice prin unităţi relative. Dânsul arată că aplicând această metodă la trei mine, s'a dovedit că există o relaţie funcţională între consumul de energie şi productivitatea

$$\omega = f\ (A) \text{ şi } \omega = f\ (A)$$

iar caracteristicile energetice pentru acelaşi tip de mină, exprimate în unităţi relative, sunt universale. Folosirea

acestei metode va contribui mult la normarea consumului de energie electrică în funcție de productivitate, în întreprinderile tipizate după ramuri.

ZIPERKUS T. G.: *Reparația unui paletaj cu palete așezate axial pe disc fixate prin sudură.* Electriceskie Stantzii, 1 (1951), 55—56.

Autorul descrie o reparație constând în montarea paletelor la ultima treaptă a unei turbine cu reacție de 35 000 kW cu următoarele însușiri:

a) fiecare paletă se montează independent pe disc într'o crestătură separată;

b) fixarea bandajului și despărțiturilor de secțiune eliptică de corpul paletelor se face cu sudură electrică;

c) paletele au plat-bande anticorosive din aliaje dure.

Centrala nu dispunea decât de 108 palete în loc de 120. La montare, paletele au fost împărțite în 18 pachete a câte 6. Crestăturile goale au fost dispuse diametral opus între pachete și închise. Autorul ne dă tehnologia reparației.

Graficul luat prin oscilograf, pentru o paletă, a arătat caracteristic vibratorii satisfăcătoare.

NILENDER A. R., IVANOV P. A., BELCHIND D. L.: *A. M. Cogan.* Electricestvo, 3 (1951), 92.

La 31 Octombrie 1950, a murit în vârstă de 67 ani, Alexandru Mihailovici Cogan, unul dintre fondatorii industriei noastre de lămpi electrice. El a dedicat acestei industrii 38 de ani din activitatea sa de inginer.

Cu participarea lui Cogan au decurs primele etape de desvoltare a producției de lămpi incandescente, începând mecanizarea diverselor operațiuni, aplicarea noilor procese tehnologice, organizarea diverselor laboratoare de cercetare etc. Datorită lucrărilor colectivului de specialiști sovietici conduși de Cogan, țara noastră a fost emancipată complet de importul lămpilor incandescente.

Ultimii ani ai vieții sale i-a dedicat pregătirii tinerilor specialiști și popularizării cunoștințelor tehnice-științifice.

Cu participarea sa a fost creată în timpul marelui război de Apărarea Patriei o școală tehnică, care a dat uzinelor foarte mulți specialiști în tehnica electro-vacuumatică.

KRAIS A. GH., ing.: *Principalele tendințe în construcția actuală a transformatorilor americani.* Electricestvo, 4 (1951).

In America, mult timp s'au întrebuințat mai mulți transformatori monofazici, în locul celor trifazici, răcirea naturală cu ulei a transformatorilor cu puteri mari, ș. a. m. d.

Deasemenea, până în ultimii ani a existat un număr mare de diferite tipuri, ceeace caracteriza interesele egoiste ale capitaliștilor și lipsa unei oarecare planificări.

În cuprinsul articolului, autorul descrie tendințele actuale în construcția transformatorilor, atât din punct de vedere al puterii, cât și în ce privește numărul de înfășurări.

Mare atenție este rezervată modului de răcire al transformatorilor, care influențează mult costul transformatorilor și cel al exploatării. Se tinde spre limitarea gamei de reglare a transformatorilor și a numărului treptelor de reglare.

(***): *Note și sarcini.* Electricestvo, 4 (1951), 76—81.

Acest articol tratează pe scurt mai multe probleme ridicate de diferiți tehnicieni sovietici, pe marginea unor lucrări apărute în știința tehnică.

In cele ce urmează, se va arăta pe scurt problemele și tehnicienii care se preocupă de ele.

a) Ing. Arhangheliskii F. K. tratează problema regimului de lucru nesimetric a hidrogeneratorilor, arătând că încălzirea suplimentară a bobinajelor de excitație din cauza unei sarcini nesimetrice, nu este motiv pentru limitarea sarcinei nesimetrice admisibile. Această limitare la hidrogeneratori (contrar turbogeneratorilor) este condiționată exclusiv de frecvența întinderilor mecanice din cusăturile sudate, provocate de vibrațiile cu frecvență de 100 Hz și mai mari.

b) Prof. Stecolinikov I. S. tratează problema oscilografierii vibrațiilor în liniile scurte. S'a luat cazul unei linii scurte în care descărcarea se producea prin ajutorul releului de lumină, adică linia studiată nu a fost direct legată cu alta. Scânteia a fost încălzită cu ajutorul curentului capacității, care se descarcă prin rezistență. Tensiunea curentului de descărcare a fost luată de 1,0 kV.

c) Ing. Rubaliskii D. M. tratează problema opririi și reversibilității elicei în cazul transmisiei electrice. Această problemă interesează în mare măsură pe constructorii de vapoare. In text sunt date câteva curbe obținute de diferiți ingineri și care reprezintă dependențele între momentul de rezistență al elicei și viteza de rotație a ei la reversare.

d) Ing. Knopping tratează problema alegerii tensiunii pentru instalațiile de iluminat, care în momentul de față prezintă un interes deosebit. Autorul analizează cazurile de iluminare sub tensiunea de 220 V și cea de 127 V și ajunge la concluzia că, la confruntarea indicelor instalațiilor de iluminat la tensiuni diferite, trebue să plecăm dela diferențele de emiterea luminei de către lămpi, iar nu dela diferența de valori a puterilor obținute pe baza calculelor concrete.

e) Docent Goluškin V. N. tratează despre noile date privind activitatea lui V. V. Petrov, în domeniul fizicii și electricității. Sunt date câteva lucrări ale lui V. V. Petrov.

Din cuprinsul articolului se poate deduce că V. V. Petrov este autorul a numeroase manuale tehnice pentru diferite grade de învățământ. Se indică fiecare revistă în care a apărut fiecare lucrare tratată de V. V. Petrov.

S'A DESCHIS

LIBRĂRIA NOASTRĂ TEHNICĂ

B-DUL N. BĂLCESCU Nr. 2. — TELEFON 4.75.52

Librăria este înzestrată cu un bogat sortiment de cărți tehnice și științifice, pentru a vă da posibilitatea să găsiți cu ușurință lucrările tehnice din specialitatea care vă interesează.

LIBRĂRIA ESTE DESCHISĂ INTRE ORELE 7—21

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie, precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil impersonal, clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeţ, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înţelegerii textului. Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9×12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeţ, numele şi pronumele complet, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon (instituţie sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

Abonamentele se fac numai prin
Centrul de Difuzare a Presei:

BUCUREŞTI, STRADA CONSTANTIN MILLE, 14 — Telefon: 5.28.90
PROVINCIE: LA SUCURSALELE DIN REŞEDINŢELE REGIUNILOR ŞI RAIOANELOR

Tarif general: Lei 100 anual

Tehnicieni şi ingineri, membrii ai A. S. I. T.: Lei 30 anual

DIN CATALOGUL EDITURII TEHNICE

Ing. V. CIOCIONICA şi ing. G. SOTIRESCU:
„ELECTRICITATEA INDUSTRIALĂ"
Vol. I. Ed. II
272 pag. Lei 9,57

F. SOLOVIEV: „MONTAREA ŞI EXPLOATAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE"
(trad. din limba rusă)
292 pag. Lei 20,42

M. E. E.: „MANUALUL CONSTRUCTORULUI DE MAŞINI ELECTRICE"
567 pag. Lei 27,63

KOHLER KÀROLY: „TEKERCSELÖ KÉZIÖNYVE"
38 pag. Lei 1,15

* * *: „LEXICONUL TEHNIC ROMAN"

Vol. I	literele	A—C	pag.	952	Lei 127,50
„ II	„	D—H	„	986	„ 127,50
„ III	„	I—M	„	115	„ 127,50
„ IV	„	N—P	„	1100	„ 127,50

C. 918.— Intrepr. Poligrafică Nr. 3.

E 1427

KAT

ELECTRICITATEA

ORGAN AL ASOC. ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELLENŐRIZVE
1953

Országos Műszaki
Könyvtár
TULAJDONA

11-12

2124

PENTRU UZ INTERN

EDITURA TEHNICĂ

1952

ELECTRICITATEA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ Nov. Dec. 1952 ★ Nr. 11--12 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

CINCI ANI DELA PROCLAMAREA REPUBLICII POPULARE ROMÂNE 1

Martin Bercovici, prof. ing.; membru coresp. al Academiei R. P. R.: Metode sovietice folosite la stabilirea sistemelor energetice din R. P. R. 4

D. Niculescu, ing.: Metode pentru calculul ajustajului presat dintre butuc şi arbore la maşinile electrice 10

I. S. Antoniu, conf. dr. ing.: Reglajul tensiunii în sistemele energetice prin redistribuirea puterii reactive 20

R. Grigorovici, dr. şi *Al. Roth* ing.: Stabilirea formulelor de proiectare a lămpilor cu incandescenţă cu vid 26

Edmond Nicolau, prof. ing.: Punţi de măsură în radio frecvenţă 36

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

A. G. Adoian, ing.: Stingerea automată a incendiului în maşini electrice prin apa pulverizată 45

I. A. Saromniatnikov: Măsurarea curentului de scurt circuit la pământ 48

RECENZIE 50

REVISTA REVISTELOR 50

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * * 5-ая Годовщина Румынской Народной Республики 1

Проф. инж. МАРТИН БЕРКОВИЧ Член — корреспондент Академии Р. Н. Р. Советские методы применяющиеся при стройках энергетических систем в Румынской Народной Республике 4

Инж. Д. НИКУЛЕСКУ Методика расчета прессовой насадки, ступицы на вал у электрических машин. 10

Д-р, инж. И, С АНТОНИУ Регулирование напряжения в энергетических системах путем перераспределения реактивной мощности 20

Д-р Р. ГРИ ОРОВИЧ и Инж А. РОТ Установление расчетных формул для проектирования вакуумных ламп накаливания. 26

Проф. инж. ЭД. НИКОЛАУ Измерительные мостики радиочастот. 36

ИЗ ОПЫТА СССР

Инж. А. К. АДОТАН Автоматическое тушение пожара электрических машин распыленной водой 45

И. А. СЫРОМЯТНИКОВ Измерение тока замыкания на землю. 48

РЕЦЕНЗИИ 50

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ 50

ORIZVE
1958

Országos Mészeti Könyvtár TULAJDONA

CINCI ANI DELA PROCLAMAREA REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

Proclamarea Republicii Populare Române constitue începutul unei etape noi în desvoltarea patriei noastre.

Monarhia, exponentul cel mai fidel al intereselor de clasă ale burghezo-moşierimii şi ale imperialiştilor, a fost dărâmată, punându-se capăt domniei celor ce au exploatat până la sânge poporul muncitor, oprimând clasa muncitoare şi subţinând în neagră mizerie şi ignoranţă ţărănimea muncitoare

Ziua de 30 Decembrie este scumpă oamenilor muncii pentrucă în această zi, izgonind monarhia — fortăreaţă a reacţiunii, agentură a imperialismului, exploatatoarea cea mai mare din ţară — clasa muncitoare în alianţă cu ţărănimea muncitoare, sub conducerea partidului, a luat în întregime în mâinile sale puterea politică.

Alungarea monarhiei a dat un puternic avânt luptei maselor muncitoare care, sub conducerea partidului clasei muncitoare a consolidat aceste mari victorii prin obţinerea unor importante succese în lupta împotriva exploatatorilor şi a moştenirii grunte lăsată de aceştia.

Înfăptuirea acestui act revoluţionar a fost posibilă numai datorită faptului că ţara noastră a fost eliberată de către glorioasa Armată Sovietică. Este evident că măreţul eveniment istoric al proclamării Republicii Populare Române este o urmare directă a eliberării ţării noastre de către Uniunea Sovietică, a cărei exemplu ne este o călăuză vie şi permanentă.

In anii de democraţie populară, oamenii muncii din ţara noastră, sub conducerea Partidului Muncitoresc Român au obţinut însemnate succese în lupta şi munca lor pentru construirea socialismului.

Burghezia nu a reuşit să facă în multe zeci de ani şi nici nu ar fi putut realiza ceeace a realizat regimul de democraţie populară în aceşti cinci ani ce au trecut dela proclamarea republicii.

Ca urmare a cuceririi puterii politice de către clasa muncitoare în alianţă cu ţărănimea muncitoare, sub conducerea partidului, a fost posibilă înfăptuirea actului revoluţionar al naţionalizării principalelor mijloace de producţie.

Trecerea uzinelor, minelor, băncilor, transporturilor şi asigurărilor, a tuturor întreprinderilor naţionalizate, în stăpânirea poporului muncitor a dat posibilitatea lichidării haosului caracteristic producţiei capitaliste şi astfel s'a putut trece la planificarea economiei naţionale, la construirea socialismului, urmând exemplul glorios al Uniunii Sovietice.

Pe baza succeselor din cei doi ani de muncă planificată, 1949 şi 1950, a fost elaborat, din iniţiativa Partidului Muncitoresc Român, primul plan cincinal de construire a bazei economice a socialismului, precum şi planul de electrificare al ţării.

„A creia baza economică a socialismului înseamnă a lega agricultura cu industria socialistă într'o singură economie unitară — spunea tovarăşul Stalin în 1926— a subordona agricultura conducerii industriei socialiste, a pune ordine în relaţiile dintre sat şi oraş, pe baza schimbului de produse ale agriculturii şi industriei, a închide şi lichida toate acele canaluri, cu ajutorul cărora se nasc clasele şi se naşte, înainte de toate, capitalul, a creia, în fine, astfel de condiţii de producţie şi de repartiţie care duc direct şi nemijlocit la desfiinţarea claselor".

Industrializarea socialistă a ţării se face cu succes într'un ritm rapid prin munca plină de avânt a oamenilor muncii şi cu ajutorul frăţesc pe care îl primim din partea U.R.S.S.

Politica partidului nostru de industrializare socialistă a ţării, cheie a desvoltării noastre economice, înregistrează succese deosebite.

In aceşti cinci ani de regim democrat popular, industria noastră şi-a triplat producţia. Ca urmare a sprijinului multilateral al Uniunii Sovietice, s'a desvoltat industria grea şi s'au creiat ramuri noi industriale.

Ramura construcţii de maşini cunoaşte astăzi o desvoltare impetuoasă. In fabricile noastre se produc astăzi în serie maşini şi utilaje pentru care am fost până acum câtiva ani tributari imperialiştilor.

Faptul că greutatea specifică a industriei în producția totală a țării a trecut de 60% la sfârșitul anului trecut, arată saltul făcut de țara noastră în lupta pentru lichidarea înapoierii economice, pentru transformarea într'o țară industrial-agrară înaintată.

Impiedicată în trecut de regimul burghezo-moșieresc de a se desvolta, țara noastră și-a creiat acum o puternică industrie de mașini; aceasta asigură aproape în întregime mașinile necesare extracției petrolifere, fabrică utilaj pentru rafinarea petrolului, produce mașini pentru industrii numeroase și pentru mecanizarea construcțiilor. Industria noastră construește astăzi mașini agricole și industriale, utilaj pentru cuptoarele siderurgice, pentru industria hârtiei, pentru liniile de ciment, pentru industria chimică, forestieră etc.

Dacă ne oprim atenția asupra industriei electrotehnice, constatăm că ea este o creație exclusivă a regimului nostru democrat-popular. Ea a fost cu totul inexistentă în regimul burghezo-moșieresc. Pornită dela zero (fiindcă cele câteva ateliere de atunci nu se puteau numi industrie electrotehnică) ridicată prin grija Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Român și prin stăruința personală și cu sprijinul de zi cu zi al tovarășului Gheorghe Gheorghiu-Dej, folosind strălucita experiență a industriei electrotehnice sovietice și ajutorul multilateral al U.R.S.S., industria noastră electrotehnică a luat o mare desvoltare.

Inainte de război, noi importam 100% mașinile electrice necesare industriei, ceeace a făcut ca să piară încrederea în forțele creatoare ale noastre și a împiedicat desvoltarea masselor de muncitori, tehnicieni și ingineri.

In regimul nostru democrat popular, după numai câțiva ani de industrie electrotehnică, am ajuns să fabricăm cele mai complexe agregate satisfăcând nevoile de mașini electrice ale industriei noastre.

Considerând producția din 1948 drept 100%, industria noastră electrotehnică a înregistrat 240% în 1949, 420% în 1950, în 1951 a înregistrat 725% iar în 1952 peste 1100%.

In agricultură, au fost obținute mari realizări. Clasa muncitoare în alianță cu țărănimea muncitoare a lichidat clasa moșierilor care au trăit timp de veacuri din munca de rob a țăranilor. Constituția votată în Octombrie 1952 prevede că Statul nostru ocrotește dreptul de proprietate particulară asupra pământului, a țăranilor cu gospodării mici și mijlocii, în baza legilor în vigoare. Pentru a feri pe țăranii muncitori de exploatarea chiaburească, Statul de democrație populară dă țărănimii muncitoare un sprijin multilateral și permanent. Cele peste 10.000 de tractoare, miile de mașini și unelte agricole care mecanizează munca în agricultură, electrificarea satelor care permite o muncă electrificată de mare randament pe ariile de treer în atelierele S.M.T. și gospodăriile agricole de Stat, sunt realizări ale Statului de democrație populară în folosul țărănimii muncitoare. Cele peste 1650 Gospodării Agricole colective și cele peste 1700 întovărășiri țărănești sunt un pas însemnat înainte în transformarea socialistă a agriculturii.

Un mare succes al Partidului și al Statului nostru l-a constituit reforma bănească. Ea a dat o puternică lovitură chiaburilor și speculanților creind condiții prielnice pentru ridicarea nivelului de trai al oamenilor muncii. Prin reducerile de prețuri, oamenii muncii au realizat un avantaj de peste o jumătate miliard lei noi.

Una din cele mai importante condiții pentru realizarea ritmului de industrializare și a progresului tehnice în agricultură și transporturi, este electrificarea țării.

Mergând pe calea deschisă de Uniunea Sovietică, folosind învățătura leninist-stalinistă despre electrificare, ce trebue să meargă cu un pas înaintea industrializării, industria noastră energetică luptă să asigure energia electrică necesară tuturor ramurilor economiei noastre naționale și desvoltării vieții culturale.

Prin reforma învățământului, prin școlile, facultățile și institutele create, regimul nostru de democrație populară a deschis tineretului Patriei noastre cele mai largi perspective de desvoltare și de realizare a celor mai îndrăsnețe gânduri constructive. Tineretul își poate deaceea asuma sarcini mărețe cum a fost construirea termocentralei Ovidiu II sau cum este săparea tunelului de aducțiune dela Bicaz.

Premiile de Stat care au răsplătit munca de creații în toate domeniile și în deosebi în cel al științei și tehnicei arată perspectivele ce se deschid creației în Republica Populară Română.

In anii de democrație populară, poporul român, în colaborare frățească cu minoritățile naționale, a transformat țara noastră dintr'o țară înrobită și exploatată într'o țară liberă, independentă, cu un regim de democrație populară, transformându-se dintr'o țară agrară înapoiată, cum a fost sub regimul burghezo-moșieresc, într'o țară care se industrializează repede și a cărei agricultură se mecanizează treptat.

Realizările în cei cinci ani de democrație populară, și în deosebi în cei doi ani ai Planului Cincinal au însuflețit pe oamenii muncii și i-au mobilizat pentru noi succese în muncă.

Altfel s'au putut produce chemările colectivului întreprinderii „Iosif Rangheț" din Arad și fabricii de postav Buhuși de a intensifica întrecerea socialistă în cinstea zilei de 30 Decembrie, a V-a aniversare a proclamării Republicii Populare Române, chemare care a trezit un puternic răsunet în întreaga țară.

Tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, a arătat la întâlnirea cu alegătorii din Circumscripția electorală Grivița-Roșie că există o bază trainică pentru desfășurarea luptei muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din întreprinderile noastre în vederea îndeplinirii Planului Cincinal în patru ani.

Oamenii muncii sunt conștienți că primul pas pentru a îndeplini Planul Cincinal în patru ani este îndeplinirea integrală și depășirea planului pe 1952.

In preajma celei de a V-a aniversări a Republicii Populare Române a fost elaborat Planul pe 1953, Planul anului hotărîtor al Cincinalului nostru. El urmează linia trasată de Planul Cincinal și de Planul de electrificare, având însă drept trăsătură caracteristică faptul că sarcinile depășesc simțitor prevederile din Cincinal pentru 1953 și se apropie de nivelul prevăzut pentru 1954.

In 1953, producția industrială va atinge un nivel de 124% față de realizările preliminare ale anului 1952 punându-se un accent deosebit pe desvoltarea mijloacelor de producție, unde producția va crește la un nivel de 128%.

Acest ritm rapid de desvoltare a industriei mijloacelor de producție are drept rezultat creșterea greutății specifice a acesteia în producția totală industrială și oglindește politica de industrializare socialistă a țării. In același timp crește și industria bunurilor de consum.

Ritmul rapid de creștere a producției industriale se datorește în primul rând desvoltării considerabile a principalelor ramuri industriale : Industria energiei electrice, industria petroliferă, carboniferă, chimică, a materialelor de construcție și mai ales a construcțiilor de mașini și a metalurgiei prelucrătoare care este pivotul industriei grele, a cărei greutate specifică va constitui în 1953 aproape un sfert din producția întregei industrii.

In domeniul agriculturii planul pe 1953 prevede încă 1400 de tractoare, 1350 batoze, 1600 secerători-legători etc.

* * *

Nu sunt decât cinci ani de când a fost dărâmată monarhia putredă și coruptă și în acest răstimp poporul nostru muncitor sub conducerea Partidului înaintează pe calea luminoasă a unei vieți libere și îmbelșugate lăsând mult în urmă trecutul negru.

Cele peste zece milioane voturi pe care oamenii muncii le-au dat Frontului Democrației Populare, în alegerile dela 30 Noembrie pentru Marea Adunare Națională sunt o strălucită și entuziastă adeziune a poporului muncitor la politica Partidului, la construirea socialismului.

Dar construirea socialismului se desfășoară la noi în condițiile unei aprigi și ascuțite lupte de clasă. Având în stăpânire posturile de comandă în economie, regimul nostru democrat popular organizează și realizează înfrângerea elementelor dușmănoase, a capitaliștilor în economie, construește baza regimului în care exploatarea este nimicită.

Poporul muncitor din țara noastră sărbătorind a V-a aniversare a proclamării Republicii Populare Române, răspunde atâtătorilor la un nou război mondial, imperialiștilor americani și englezi și slugilor lor titoiste, luptând și mai activ pentru consolidarea regimului de democrație populară, pentru îndeplinirea planului cincinal în patru ani, pentru înfăptuirea planului de electrificare, conștient că astfel contribue la măreața cauză a menținerii păcii, la victoria lagărului păcii al cărui bastion de neînvins este Uniunea Sovietică și al cărui stegar glorios este tovarășul Stalin.

METODE SOVIETICE FOLOSITE LA STABILIREA SISTEMELOR ENERGETICE DIN R. P. R.*)

Prof. Ing. MARTIN BERCOVICI
Membru corespondent al Academiei R. P. R.
Laureat al Premiului de Stat

Autorul arată ajutorul sovietic, pe care ştiinţa şi tehnica sovietică ni l-a dat pentru conceperea sistemelor energetice din R. P. R., precum şi metodele sovietice pe care le-am folosit în proiectarea şi organizarea acestor sisteme.

Planul de Electrificare a R. P. R. pentru etapa 1951 — 1960 elaborat de Partidul Muncitoresc Român, sub îndrumarea directă a tovarăşului Gh. Gheorghiu-Dej, prevede construirea şi echiparea în acest interval de zece ani a unui număr de centrale termoelectrice şi hidroelectrice de diferite mărimi şi caracteristici, însumând o putere totală instalată de circa 2 000 000 kW; împreună cu puterea disponibilă la finele anului 1960 a centralelor electrice existente la începutul anului 1951, de circa 500 000 kW, puterea disponibilă a centralelor electrice din R.P.R. la finele deceniului va fi deci de circa 2 500 000 kW.

Din ceeace cunoaştem azi asupra consumului de energie, se prevede că în 1960 aceste centrale vor avea o producţie anuală de circa 10 miliarde kWh. Deci instalaţiile energetice vor avea în 1960 ca cifre caracteristice: 2 500 000 kW putere instalată în centrale şi 10 miliarde kWh producţia anuală. Aceste cifre vor fi atinse cu siguranţă şi chiar întrecute, graţie industrializării masive a ţării, prevăzută de planurile noastre cincinale, desvoltării transporturilor, transformării socialiste a agriculturii şi introducerii pe o scară din ce în ce mai întinsă a energiei electrice în agricultură, creşterii necesităţilor de energie a gospodăriilor comunale şi ridicării nivelului de trai material şi cultural al oamenilor muncii din ţara noastră.

Noile centrale electrice prevăzute a fi construite în acest plan decenal sunt aproximativ uniform răspândite pe întreaga suprafaţă a ţării — ceva mai mult în Moldova, care a fost lăsată mult în urmă din punct de vedere energetic, ca de altfel şi din punct de vedere economic, social, industrial, de regimurile trecute burghezo-moşiereşti. Consumatorii noi, marile întreprinderi industriale, siderurgice, metalurgice, chimice, etc., create de regimul nostru democrat-popular pe calea construirii socialismului în ţara noastră, sunt deasemenea răspândite aproximativ uniform pe întreaga suprafaţă a ţării, în concordanţă cu resursele de materii prime, mână de lucru, transporturi, etc.

Energetica sovietică recomandă cu multă tărie situarea centralelor electrice în imediata apropiere a consumatorilor industriali importanţi, pentru ca alimentarea acestor consumatori de energie electrică să se facă la tensiunea generatorilor (6 sau 10 kV) sau la o tensiune mijlocie (35 kV), deci în mod economic, cu cheltuieli de investiţie reduse şi cu pierderi mici.

La noi în ţară acest principiu foarte sănătos al energeticei sovietice a fost respectat în toate cazurile posibile. Avem multe exemple de centrale electrice mari situate în imediata apropiere a unor întreprinderi industriale mari sau consumatori importanţi, cum ar fi căi ferate ce urmează să fie electrificate, etc.

Totuşi, nu trebue trasă de aci concluzia că acest principiu trebue aplicat mecanic în toate cazurile, adică oriunde avem un consumator ceva mai important, trebue să plasăm în imediata lui apropiere o centrală electrică. Am călca atunci un alt principiu, mai important poate, al energeticei sovietice, care cere pentru motive economice de minime cheltuieli de investiţie şi de exploatare, concentrarea producţiei energetice în centrale mari, cu unităţi mari, cu un consum specific redus; acestor centrale le revine atunci sarcina de a alimenta cu energie electrică nu numai consumatorii apropiaţi la tensiunea generatorilor sau cu tensiune mijlocie, dar şi consumatori mai îndepărtaţi, a căror amplasare este dictată de alte considerente decât cele pur energetice, ca de exemplu, considerente de mână de lucru, materii prime, transporturi uşoare, etc. Aceeaşi obligaţie de a alimenta consumatori mai îndepărtaţi o au şi centralele hidroelectrice, a căror poziţie nu coincide mai niciodată cu vreun consumator mai important.

Alimentarea cu energie electrică a acestor consumatori situaţi la distanţe mai mari de centralele electrice, trebue să se facă prin reţele de înaltă tensiune, dela 60 kV în sus.

Centralele electrice prevăzute a fi construite, au caracteristice diferite şi deci vor îndeplini roluri diferite în alimentarea cu energie electrică a ţării. Distingem din acest punct de vedere:

Centrale termoelectrice pe care le vom clasa în următoarele tipuri:

1. *Centrale termoelectrice de condensaţie pură*, puternice, cu unităţi mari situate în imediata apropiere a surselor de combustibil, de cele mai multe ori cărbuni de calitate superioară (lignit, turbă, deşeuri de cărbuni, etc.). Sunt centrale care funcţionează cu un număr mare de ore anuale de utilizare (centrale de bază) şi sunt deci foarte economice.

2. *Centrale termoelectrice de termoficare*, prevăzute cu turbine cu prelevare de aburi (deci cu contrapresiune şi cu condensaţie). Sunt deasemenea centrale puternice şi cu unităţi mari, fiind

*) Conferinţă ţinută la Institutul Politehnic din Bucureşti în ziua de 29 Septembrie 1952.

situate însă în imediata apropiere a unor consumatori industriali importanţi, cărora le furnizează energie termică şi energie electrică ; ele alimentează însă cu energie electrică şi consumatori mai îndepărtaţi, prin linii de înaltă tensiune. Sunt centrale care funcţionează deasemenea cu un număr mare de ore anuale de utilizare, întrucât alimentează întreprinderi industriale cu o producţie continuă ; din punctul de vedere al preţului de cost, atât al energiei electrice, cât şi al energiei tehnice produse, sunt centralele cele mai avantajoase de care vom dispune.

3. In fine, tot în această categorie avem centralele electrice de *termoficare* prevăzute cu tuburi de contrapresiune (fără condensaţie), de obicei centrale de putere mai mică cu unităţi mai mici, destinate a alimenta cu energie termică şi electrică consumatori importanţi apropiaţi. Şi aceste centrale au un număr mare de ore anuale de utilizare, corespunzător necesităţilor de aburi ale întreprinderii consumatoare şi produc energia la un preţ de cost foarte redus.

In ceeace priveşte combustibilul consumat de centralele electrice de termoficare, se admite utilizarea şi a unor combustibili superiori, ca păcura, gazul natural, cărbuni superiori, etc.

In afară de aceste 3 categorii de centrale termoelectrice, având rolul de a funcţiona ca centrale de bază, mai găsim un număr relativ mare de centrale termoelectrice mici, cu aburi sau cu motoare Diesel, adesea vechi şi funcţionând în condiţiuni economice nesatisfăcătoare, situate în oraşe sau pe lângă întreprinderi industriale ; aceste centrale moştenite dela regimul capitalist, tipice haosului şi lipsei de interes pentru nevoile economiei generale a ţării, ale regimului capitalist, vor avea rolul de a funcţiona ca centrale de vârf şi de rezervă în viitoarea alimentare cu energie a ţării noastre

Centralele hidroelectrice se împart deasemenea în câteva categorii după caracteristicile şi rolul pe care-l vor avea în sistemul nostru energetic. Astfel avem :

a) Centrale hidroelectrice cu rezervoare de acumulare mari (sezoniere, anuale sau supraanuale) şi supraechipate în raport cu debitul modul existente ; aceste centrale vor avea rolul de a funcţiona ca centrale de vârf şi vor forma în acelaşi timp o rezervă economică uşor de exploatat pentru centralele termoelectrice.

b) Centrale hidroelectrice cu rezervoare de acumulare importante (anuale sau supraanuale) destinate a acoperi necesităţi de irigare şi a căror producţie energetică este deci subordonată necesităţilor agriculturii ; aceste centrale vor putea fi folosite numai în anumite condiţiuni ca centrale de vârf.

c) Ultima categorie o formează centralele fără rezervoare de acumulare sau cu rezervoare de acumulare mici — centrale hidroelectrice pe firul apei — a căror producţie energetică este dependentă de debitele momentane disponibile şi deci au adesea o putere asigurată relativ mică faţă de puterea instalată.

Din această multitudine de centrale, cu caracteristice tehnice şi în special economice diferite şi deci cu roluri diferite în alimentarea ţării cu energie, se vor alimenta consumatorii mari şi mici, deasemenea presăraţi pe întreaga suprafaţă a ţării şi situaţi la distanţe mai mici sau mai mari de centrale producătoare. Centrele producătoare sunt legate de centrale consumatoare prin reţele electrice de tensiuni diferite, în funcţie de puterile cerute a fi vehiculate şi de distanţele care le separă. Ajungem astfel la următoarea configuraţie : de o parte un număr de centrale electrice, pe de altă parte o multitudine de consumatori, iar între ele reţelele electrice de transport şi distribuţie a energiei, fără a pierde din vedere tendinţa de a avea cât mai multe centrale situate în apropierea imediată a marilor consumatori.

Pentru a preciza mai bine această configuraţie, este cazul de a prezenta aici un alt principiu foarte important, pe care energetica sovietică îl recomandă cu multă insistenţă. S'au expus mai înainte legăturile electrice sub formă de linii sau reţele de înaltă tensiune dintre centralele electrice şi consumatori, dar nu s'au prezentat legăturile de interconexiune directe dintre centralele electrice care n'au sarcina de a alimenta pe drum vreun consumator. Aceste legături de interconexiune, făcute numai de dragul interconexiunii între centrale, aşa cum le preconizează energetica capitalistă, pentru a permite întreprinderilor industriale electrotehnice de a plasa mai multe materiale şi aparate, energetica sovietică nu le recomandă decât în cazurile, rare dealtfel, când ele se justifică din punct de vedere economic. Cu alte cuvinte, o asemenea legătură se face numai dacă cheltuielile relativ mari pentru executarea liniei de interconexiune, este vorba în genere de zeci de km de linie de 110 kV, se justifică prin avantajii economice corespunzătoare.

Energetica sovietică consideră, cu drept cuvânt, ca risipă de material, construirea de linii de înaltă tensiune, care nu prezintă decât un număr mic de ore anuale de utilizare. Ori, aceasta este tocmai situaţia la liniile de interconexiune directă dintre centrale, care în genere nu transportă decât cantităţi mici de energie într'un sens sau într'altul.

Cu ajutorul considerentelor de mai sus putem defini un sistem energetic totalitatea centralelor electrice şi staţiunilor de transformare legate între ele prin reţele electrice de diferite tensiuni şi formând o unitate tehnică de exploatare.

In genere, un sistem energetic ocupă o suprafaţă mai mică sau mai mare din suprafaţa ţării ; în interiorul zonei ocupate de un sistem energetic pot exista insule ocupate de sisteme energetice mai mici, independente, nelegate încă la sistemul energetic principal. Intr'un viitor mai mult sau mai puţin apropiat, sistemele energetice existente se vor putea interconecta între ele, formând un singur sistem energetic pentru întreaga suprafaţă a ţării.

Definiţia dată mai sus pentru sistemele energetice ne permit să înţelegem mai bine condiţiile pe care energetica sovietică le pune la baza proiec-

tării şi organizării raţionale a unui sistem energetic:

— Un sistem energetic trebue să permită alimentarea consumatorilor din zona respectivă în condiţiunile de continuitate de funcţionare reclamate de natura fiecărui consumator. Consumatorii de categoria I-a, pretind o continuitate absolută de funcţionare, altfel putându-se produce degradări de instalaţii; consumatorii de categoria II-a, la care întreruperile de furnitură de energie electrică nu cauzează degradările de instalaţii, dar antrenează pierderi de producţie, sunt mai puţin pretenţioşi în ceeace priveşte continuitatea de funcţionare; şi în fine, consumatorii de categoria III-a, pentru care asigurarea alimentării cu energie electrică nu pune condiţii speciale.

— Un sistem energetic trebue să permită funcţionarea centralelor electrice din sistem, în concordanţă cu caracteristicele şi rolul destinat fiecărei centrale; sistemul trebue să fie deci aşa conceput şi condus, încât considerentele energetice de raţională folosire a surselor naturale de energie şi a instalaţiilor energetice, care au stat la baza proiectării şi construirii centralelor respective, să poată fi realmente satisfăcute.

Un sistem energetic trebue să permită o producţie totală de energie şi transportul acestei energii dela centrele producătoare la consumatori cu un minimum de cheltuieli de investiţii, cu un minimum de consum propriu de energie, adică cu un preţ de cost minim.

Un sistem energetic trebue să fie simplu, cu schema de comutaţie raţională uşor de supraveghiat şi de condus, permiţând întrebuinţarea unor metode simple de protecţie contra scurtcircuitelor şi menţinerea variaţiilor de tensiuni în limite acceptabile. Cu alte cuvinte, un sistem trebue să fie şi din punct de vedere tehnic la înălţimea tehnicei actuale.

— Concepţia iniţială a sistemului energetic trebue să permită desvoltările viitoare ale regiunii prin intercalarea în sistem de noi centrale electrice şi de noi consumatori, adică sistemul trebue să fie suficient de flexibil, pentru a permite adaptarea lui ulterioară, fără modificări şi cheltuieli, la noile situaţii create prin adăugarea de noi unităţi energetice producătoare sau consumatoare.

Expunerile de mai sus ne permit să tragem câteva concluzii generale, înainte de a aborda studiul sistemelor energetice din R.P.R. şi modul cum au fost utilizate concepţiile de bază ale energeticei sovietice din acest domeniu.

In primul rând, amenajarea raţională, economică şi tehnică a sistemelor energetice, presupune existenţa unei economii planificate pe suprafeţe întinse şi pentru un timp mai îndelungat. Numai dacă se pot cunoaşte creşterile necesităţilor de energie şi putere pentru o perioadă mai lungă de timp, localizate pe suprafaţa întregii ţării, se pot găsi mijloacele cele mai raţionale, tehnice şi economice, pentru alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Orice soluţie parţială, care are la bază cunoaşterea necesităţilor de energie a unui consumator sau a unei regiuni restrânse şi numai pentru o perioadă scurtă de timp, fără a ţine seama de ceilalţi consumatori sau de desvoltările dintr'un viitor îndepărtat, este în mod inevitabil sortită să conducă la risipă de materiale, complicaţii în instalaţii, cheltuieli mari de investiţie şi de exploatare.

Baza unei concepţii raţionale a sistemelor energetice este această existenţă a unei economii planificate. Ori, o economie planificată în adevăratul înţeles al acestei noţiuni, nu putem avea decât într'un stat socialist, într'un stat în care clasa muncitoare, înlăturând exploatarea omului de către om, înlăturând regimul capitalist, individualist, cu vederi strâmte de profituri cât mai mari, permite conceperea şi construirea instalaţiilor energetice necesare deservirii consumatorilor, pe criteriile interesului general, al economiei de materiale şi eforturi, al simplicităţii.

Poate în niciun alt domeniu al economiei naţionale nu apare mai clară deosebirea care există între socialism şi capitalism, decât în sectorul energetic. Cine priveşte reţelele de transport şi distribuţie a energiei electrice într'un stat capitalist, cu linii având adesea aproape acelaşi traseu şi aparţinând unor societăţi diferite, cu tensiuni şi frecvenţe diferite — adesea chiar în acelaşi oraş găsim mai multe întreprinderi distribuitoare, exploatând reţele cu tensiuni, felul curentului sau frecvenţe diferite, cine cunoaşte complicaţiile de exploatare care rezultă în asemenea „sisteme energetice" îşi poate da seama de inferioritatea necontestabilă a unor astfel de sisteme energetice faţă de sistemele energetice din lumea socialistă.

In al doilea rând, tehnica proiectării şi organizării unor sisteme energetice face parte din domeniul mai larg al energeticei generale. Ori, este ştiut că energetica, ca ştiinţă de sine stătătoare, s'a născut şi s'a desvoltat până la nivelul de astăzi, nebănuit în trecut, în Uniunea Sovietică, în ţara socialismului învingător. Toată experienţa savanţilor şi tehnicienilor sovietici, strânsă dela conceperea şi realizarea planului GOELRO, primul plan de industrializare şi electrificare, până la conceperea şi realizarea marilor lucrări energetice staliniste ale comunismului, toată experienţa strânsă din conceperea, organizarea şi exploatarea celor mai puternice şi întinse sisteme energetice, o regăsim în energetica sovietică, isvor preţios pentru oricine lucrează zi de zi în sectorul energetic.

Principiul fundamental al energeticei sovietice, de care trebue ţinut seama în toate lucrările de proiectare, este *economia*. Toate celelalte principii sunt subordonate acestui principiu al economiei. In fiecare caz particular în parte, energetica sovietică recomandă cu insistenţă întocmirea unor calcule tehnico-economice de compensaţie între variantele posibile şi alegerea variantei celei mai economice. Economia de investiţii, economia de materiale, economia de eforturi, reducerea consumului propriu de energie în centrale şi reţele, toate acestea la un loc formează principiul fun-

damental de care trebue să ţinem seama în orice lucrare de proiectare energetică.

Dela regimul capitalist noi n'am moştenit decât o singură linie de 110 kV, linia Dobreşti-Bucureşti şi câteva linii de 60 kV. Avem astfel posibilitatea să construim sistemele noastre energetice dela început, în mod raţional, economic, pe baza concepţiilor sănătoase ale socialismului, folosind din plin energetica sovietică, experienţa sovietică, care ne stă la dispoziţie atât sub forma de documentare scrisă, cât şi prin consultaţii directe.

Putem trece acum la cercetarea câtorva probleme mai importante ale sistemelor noastre energetice, la felul cum au fost folosite concepţiile şi metodele energeticei sovietice la rezolvarea lor.

Prevedem că la finele decenalului vom avea în R.P.R. patru sisteme energetice regionale, până ce vom atinge această situaţie, numărul sistemelor energetice va fi mai mare, întrucât nu vor exista încă toate legăturile între diversele părţi ale viitoarelor sisteme energetice; vom rămâne la acest număr de patru sisteme energetice până când puterea fiecărui sistem va atinge cifra de 1 000 000 kW. Când vom atinge această limită, va trebui cercetată din nou situaţia, în sensul luării unei hotărîri, fie de regrupare a centralelor şi consumatorilor în scopul măririi numărului sistemelor energetice, fie de sporirea puterii unitare a sistemelor energetice.

Un sistem energetic nu trebue să reprezinte în acelaşi timp şi o unitate economică administrativă de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice. Un sistem energetic reprezintă o unitate tehnică din punctul de vedere al conducerii, al supravegherii generale, al schimburilor de energie; nu trebue însă să reprezinte şi o unitate administrativă. Putem avea în cadrul aceluiaşi sistem energetic un număr de două sau mai multe întreprinderi economice organizate pe baza principiului gospodăririi chibzuite pentru deservirea cu energie electrică şi termică a suprafeţei respective.

Tensiunile adoptate în sistemele noastre energetice, corespund scării tensiunilor întrebuinţate în Uniunea Sovietică. Am adoptat tensiunea de 6 kV şi 10 kV ca tensiunea generatorilor şi a reţelelor de distribuţie în oraşe şi în fabrici, tensiunea de 35 kV pentru distribuţia în jurul centralelor electrice sau staţiunilor de transformare scoborîtoare, pe o rază de 20...30 km şi tensiunea de 110 kV pentru reţele principale ale sistemelor energetice, formând legături între centralele importante şi staţiunile scoborîtoare de transformare.

Noi utilizăm astăzi în diversele regiuni ale ţării şi tensiunile de 15 kV şi de 60 kV, introduse mai de mult. Adoptând tensiunea de 35 kV ca o tensiune intermediară, nu înseamnă însă că trebue să renunţăm la tensiunile de 15 kV şi de 60 kV; aceste tensiuni vor putea să rămână şi chiar să se desvolte mai departe atâta timp cât reţelele respective îşi îndeplinesc rolul pentru care au fost construite, în condiţiuni economice şi tehnice satisfăcătoare.

In conceperea sistemelor noastre energetice s'a pus problema dacă este cazul de a se introduce în stadiul actual al desvoltării lor o reţea de 220 kV şi în rezolvarea acestei probleme ne-am servit de bogata experienţă a specialiştilor sovietici. Această problemă este în legătură directă cu problema interconexiunii dintre sistemele energetice de care n'am vorbit nimic până acum. Am spus mai sus că vom avea în viitor patru sau mai multe sisteme energetice; se pune întrebarea dacă aceste sisteme vor fi independente sau vor fi legate între ele. In concepţia noastră iniţială era prevăzut ca legătura dintre sistemele energetice să nu se facă la tensiunea de 110 kV, ci la tensiunea de 220 kV. Legăturile de 220 kV aveau destinaţia de a permite schimburi de energie între sisteme, atunci când un sistem este excedentar, iar altul deficitar, sau să permită un transport de energie dela un sistem la alt sistem energetic.

Experienţa sovietică ne învaţă însă că instalaţiile de 220 kV sunt foarte scumpe; raportul de preţuri între linia de 220 kV sau o staţie de 220 kV faţă de una de 110 kV este de 6...7; pentru ca o reţea de 220 kV să se justifice din punct de vedere economic, trebue să servească pentru transportul unor cantităţi mari de energie (ordin de mărimi: 100 000 kW şi 500 milioane kWh anual pentru fiecare linie).

Construirea unei linii de 220 kV şi a staţiunilor de transformare corespunzătoare, numai de dragul de a avea o interconexiune între sisteme, fără un transport masiv de energie într'un sens sau într'altul, energetica sovietică nu o găseşte justă şi deci nu o recomandă.

O particularitate favorabilă a Planului nostru de Electrificare constă în faptul că centralele electrice prevăzute a fi construite sunt aproximativ uniform repartizate pe întreaga suprafaţă a ţării; pe de altă parte şi consumatorii sunt cam uniform distribuiţi pe întreaga suprafaţă a ţării. Deci, noi nu putem avea sisteme energetice permanent excedentare; nu putem avea cazuri când trebue să deplasăm cantităţi mari de energie dintr'o regiune a ţării, pentrucă acolo sunt centrale puternice şi nu sunt consumatori importanţi, în alte regiuni ale ţării, unde situaţia este inversă.

S'a crezut la un moment dat că aceasta va fi situaţia cu Hidrocentrala „V. I. Lenin" de pe Bistriţa, care va avea o putere instalată de 210 000 kW şi o capacitate anuală de producţie de circa 5000 milioane kWh. S'a crezut deci că în Moldova vom avea disponibilităţi mari de energie electrică şi pe de altă parte, un consum foarte redus.

Din fericire, situaţia este alta. Moldova, sub regimul nostru democrat-popular devine o regiune cu un consum puternic de energie electrică şi deci, toată energia care va fi produsă în sistemul Moldova, va fi consumată în acelaşi sistem. Deci, nici din acest punct de vedere, construirea unei reţele de 220 kV nu se justifică.

In concluzie, nu se întrevede realizarea în anii imediat următori a unei reţele de 220 kV în ţara noastră. Rămâne ca la finele celui de al doilea Cincinal sau poate mai târziu, să se vadă dacă reţeaua de 220 kV este sau nu justificată

la noi în ţară. Probabil că până la apariţia unor centrale mari în zona Porţilor de Fier sau în alte puncte ale Dunării, reţeaua de 220 kV să nu se justifice.

Deci, sistemele noastre energetice rămân deocamdată cu tensiunea maximă de 110 kV, iar legăturile dintre sisteme — în cazul când ele se justifică economic — vor fi realizate prin linii de 110 kV.

Calculul propriu-zis al sistemelor energetice presupune cunoaşterea consumurilor de energie dintr'o regiune şi chiar din întreaga ţară. Aceasta este o condiţiune fundamentală pe care n'am putut-o îndeplini în totul dela început. Atunci când a fost conceput Planul decenal de Electrificare (aceasta era încă înainte de lansarea Planului Cincinal), nu se cunoştea amplasarea şi necesităţile de putere şi de energie a tuturor viitorilor consumatori importanţi de energie de pe întreaga suprafaţă a ţării. In prezent se cunosc toate aceste date, aşa că efectuarea unor calcule mai exacte ale sistemelor energetice este posibilă.

In aceste calcule, energetica sovietică ia ca bază necesităţile de putere şi de energie a regiunii respective, care vor apare după un interval de 10 ani, din care pentru primii 5 ani, necesităţile se cunosc în mod exact, iar pentru următorii 5 ani, necesităţile se estimează la 80%...100% din necesităţile de putere şi de energie din prima perioadă.

Calculul unui sistem energetic constă în a găsi soluţia cea mai raţională de alimentare a fiecărui consumator, adică soluţia care corespunzând din punct de vedere tehnic este cea mai economică. Trebue să se studieze mai multe variante ale alimentării fiecărui consumator şi acea variantă care va da soluţia cea mai economică din punctul de vedere al investiţiilor imediate, al cheltuielilor anuale de exploatare, etc., va fi adoptată.

Pot da următorul exemplu de calcul tehnico-economic în acest domeniu:

S'a pus problema alimentării unui consumator important dintr'un anumit punct din ţara noastră dela o centrală electrică situată la o distanţă mai mare de consumator; alimentarea se putea face fie printr'o linie de 220 kV, fie prin linii de 110 kV. S'au făcut calculele tehnico-economice pentru ambele cazuri şi s'a găsit că cheltuielile iniţiale de investiţii sunt mai mari în 220 kV decât în 110 kV, însă cheltuielile anuale de exploatare sunt mai mari în 110 kV, pierderi mai mari de energie decât la 220 kV. Totuşi, fiindcă economia realizată nu permitea recuperarea sumei investite în plus în 220 kV faţă de 110 kV decât într'un număr mare de ani (15 ani), s'a recomandat întrebuinţarea reţelei de 110 kV, care şi din punctul de vedere al exploatării şi întreţinerii este mai avantajoasă decât de 220 kV.

Un principiu foarte important în amenajarea sistemelor energetice pe care tehnica sovietică îl recomandă cu insistenţă, este simplitatea schemelor de comutaţie. Este un principiu căruia nu i s'a dat în trecut suficientă atenţie la noi, adoptându-se pentru centrale, staţii de transformare şi reţele scheme încărcate, complicate şi deci costisitoare. Tehnica sovietică recomandă reducerea la maximum a aparatelor de înaltă tensiune, a transformatorilor, a legăturilor inutile, etc. Nu atât economia de materiale conduce la acest principiu, ci faptul că un sistem energetic simplu este uşor de condus, evită erori de manipulare şi permite o întreţinere lesnicioasă.

Astfel, tehnica sovietică prevede un număr cât mai mic de transformatori în centrale sau în staţiile de transformare scoborîtoare, nu mai mult de 2, maximum 3 transformatori în anumite cazuri. Staţiunile cu mulţi transformatori, 4 sau 5, cum apar în multe părţi, sunt considerate ca neraţionale.

In centrale se preconizează funcţionarea a două sau chiar mai multe generatoare pe un singur transformator urcător, chiar la putere mai mare. Specialiştii sovietici consideră transformatorul ca o maşină sigură în funcţionare, aşa că nu sunt necesare unităţi de rezervă.

Deasemenea, se preconizează alegerea unor scheme de comutaţie a reţelelor care să necesite un număr de întrerupătoare de înaltă tensiune pentru reducerea posibilităţilor de întreruperi, în alimentarea cu energie a consumatorului.

In problema tratării neutrului sistemelor energetice, practica sovietică ne indică deasemenea drumul pe care trebue să-l urmăm. Pentru sistemele noastre energetice, am adoptat soluţia legării neutrului direct la pământ pentru reţelele de 110 kV printr'o bobină de stingere pentru reţelele de 35 kV; reţelele puţin întinse de 35 kV şi reţelele de tensiune sub 35 kV rămân în genere cu neutrul izolat.

Legarea neutrului direct la pământ transformă orice punere simplă la pământ — şi acesta este defectul cel mai frecvent în liniile aeriene — într'un scurtcircuit monofazic; curenţii de scurtcircuit monofazic care iau naştere, sunt relativ mari şi au o influenţă dăunătoare asupra liniilor de telecomunicaţii din apropierea liniilor aeriene de energie. Problema se pune deci de a găsi soluţia ca, fără a renunţa la principiul punerii directe la pământ a neutrului reţelelor de 110 kV, care are avantaje numeroase, curenţii monofazici de scurtcircuit să fie menţinuţi în limite acceptabile. Soluţia constă în a lega numai o parte din neutrii transformatorilor dintr'un sistem energetic pământ, iar ceilalţi să rămână liberi, izolaţi faţă de pământ. Prin aceasta se micşorează intensitatea curenţilor, monofazici de scurtcircuit şi se reduce repercursiunea liniilor de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicaţii; transformatorii din centrale şi staţiunile scoborîtoare de transformare vor avea neutrul şi bobinajele pe partea de 110 kV izolate pentru întreaga tensiune, pentru a avea posibilitatea, ca oricare transformator din sistem să funcţioneze fie cu neutrul legat direct la pământ, fie cu neutrul izolat.

In sistemele energetice mai importante se introduce din ce în ce mai mult măsura declanşării şi reanclanşării trifazice sau monofazice pe liniile de 110 kV sau de tensiune mai ridicată. Aceste reţele având neutrul legat direct la pământ, orice

scurtcircuit monofazic conduce la declanşarea imediată a liniei respective.

Defectele monofazice ale liniilor de înaltă tensiune sunt însă, în majoritatea lor, trecătoare, nu permanente. Dacă sistemele noastre de 110 kV ar funcţiona cu neutrul izolat sau pus la pământ printr'o bobină de stingere, toate aceste defecte nepermanente ar trece neobservate, nefiind însoţite de o întrerupere în funcţionarea liniilor. Din acest motiv se întrebuinţează în sistemele cu neutrul legat direct la pământ, declanşarea trifazică sau monofazică, adică numai a fazei defecte şi reanclanşarea după un timp scurt. Dacă defectul este trecător, atunci prin reanclanşarea automată a liniei, alimentarea consumatorilor continuă în mod normal.

Practica sovietică recomandă pe scară cât mai întinsă a declanşării şi reanclanşării trifazice; în acest scop, recomandă utilizarea unor dispozitive speciale, care să împiedice reanclanşarea dela un capăt al unei linii alimentate dela celălalt capăt, dacă sincronismul părţilor care se cuplează nu este în prealabil asigurat.

Declanşarea şi reanclanşarea monofazică se recomandă a fi întrebuinţate numai în cazurile când este neapărat necesară, de exemplu când o linie radială de înaltă tensiune cu un singur circuit alimentează un consumator important, pentru a se evita neajunsurile ce apar în instalaţiile consumatorilor atunci când întreruperea liniei de înaltă tensiune s'ar face trifazic. Aceste recomandări ale specialiştilor sovietici vor fi aplicate şi în sistemele noastre energetice.

In munca noastră de toate zilele pentru proiectarea sistemelor energetice mai întrebuinţăm numeroase metode, norme de calcul, prescripţiuni, instrucţiuni, etc. sovietice. Astfel, pentru calculul curenţilor de scurtcircuit care apar în sistemele noastre energetice, întrebuinţăm metodele foarte simple şi elegante ale prof. Ulianov. Pentru verificarea stabilităţii statice şi dinamice a reţelelor noastre, întrebuinţăm metodele prof. Jdanov. Pentru calculul funcţionării în două faze ale liniilor de înaltă tensiune, întrebuinţăm metoda Cernin. Pentru calcul mecanic al reţelelor aeriene de 35 kV şi 110 kV am adoptat — cu unele adaptări cerute de condiţiile climaterice ale ţării noastre — prescripţiunile sovietice; deasemenea utilizăm prescripţiunile sovietice pentru punerea la pământ a instalaţiilor, pentru practica contra supratensiunilor, etc. şi în ceeace priveşte organizarea şi controlul funcţionării sistemelor energetice, folosim bogata experienţă a tehnicei sovietice.

Pentru stabilirea regimurilor optime de funcţionare a centralelor electrice şi ale schimburilor de energie, dintre sisteme, folosim metodele de calcul pentru repartiţia sarcinilor active între grupuri, centrale sau sisteme ale lui Gornstein, Bolatov şi Marcovici.

Pentru controlul centralizat al funcţionării centralelor şi sistemelor energetice după programele de producţie şi de circulaţie a puterilor active şi reactive, precum şi pentru controlul centralizat al tensiunilor şi frecvenţei din sisteme, vom echipa, după modelul sovietic, camere centrale de comandă speciale, puncte de dispatching pentru fiecare sistem energetic regional şi mai târziu, pentru întreaga ţară. In aceste camere de comandă se găsesc tablouri cu schemele sistemului energetic respectiv, cu toţi generatorii, transformatorii şi întrerupătorii mai importanţi, a căror stare de funcţiune este indicată în mod automat prin legături de înaltă frecvenţă pe liniile de înaltă tensiune sau prin legături directe pe liniile telefonice normale.

* * *

Fără a avea pretenţia de a fi epuizat tot ajutorul pe care Uniunea Sovietică, ştiinţa şi tehnica sovietică a energeticei ni-l pune la dispoziţie pentru conceperea sistemelor energetice din R.P.R., am arătat în rândurile de mai sus, câteva din metodele sovietice pe care le-am folosit sau le folosim în mod curent în proiectarea şi organizarea acestor sisteme.

Faptul că putem dispune din plin de ajutorul Uniunii Sovietice în acest domeniu, un domeniu în care tehnica sovietică a întrecut cu mult nivelul atins de orice altă ţară din lume, ajutor constând din proiecte, documentaţii, consultaţii, furnituri de echipamente, utilaje, etc., ne dă un sentiment de siguranţă, ne dă posibilitatea de a evita greşeli grave, greu de îndreptat ulterior.

Pentru aceasta, trebue să fim recunoscători ştiinţei şi tehnicei sovietice şi specialiştilor sovietici, care ne-au dat şi ne dau continuu ajutorul lor. Prin realizarea, pe baza tehnicei şi a experienţei sovietice, a sistemelor noastre energetice, noi vom putea pune la dispoziţia industriei transporturilor, agriculturii şi altor consumatori din ţara noastră, cantităţile necesare de energie în condiţiuni optime, tehnice şi economice. Vom putea—prin aceasta—să contribuim într'un mod hotărîtor la construirea socialismului în ţara noastră şi vom putea aduce contribuţia noastră efectivă la apărarea păcii în lume.

★

СОВЕТСКИЕ МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ В РУМЫНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Резюме

Автор указывает на помощь которую оказали им советская наука и техника энергетики в деле создания энергетических систем в РНР; указывает советские методы, которые мы применили при проектировании и организации этих систем.

★

METODA PENTRU CALCULUL AJUSTAJULUI PRESAT DINTRE BUTUC ŞI ARBORE LA MAŞINILE ELECTRICE

Ing. D. NICULESCU

Se pleacă dela relaţiile clasice ale tensiunilor şi deformaţiilor dintr'un cilindru cu pereţii groşi, supus la presiune interioară şi la presiune exterioară, care este antrenat cu viteza n, relaţii date de ecuaţiile diferenţiale ale teoriei elasticităţii. Teoria generală este aplicată la calculul ajustajului presat al butucului pe arbore. Pentru stabilirea formulelor de calcul, se foloseşte coeficientul de flexibilitate (λ) şi coeficientul de deformaţie (k) al pieselor respective, pe diametrul de ajustaj după metoda dată de profesorul sovietic Krasovski. Pe baza acestui material, autorul elaborează o metodă pentru proiectarea ajustajului presat „butuc-arbore" la maşinile mici şi la cele mari lente, stabilind formule simplificate şi diagrame de calcul, care se pot folosi direct în practica industrială.

In construcţia de maşini electrice se folosesc ajustaje cu strângere pentru fixarea anumitor piese cu sarcini tangenţiale şi centrifugale. După STAS 48 definim strângerea ajustajului presat, diferenţa dintre diametrul interior al piesei aşezate (butucul rotorului de exemplu) şi diametrul exterior al suprafeţei pe care se face aşezarea (arborele maşinii electrice). In cazul maşinilor ce transmit momente de răsucire importante (ca motoarele pentru laminoare) proectantul este dator să calculeze ajustajul respectiv, adică să determine valoarea strângerii δ, care trebue să asigure rezistenţa la eforturile tangenţiale creiate de momentul de răsucire în îmbinarea butuc-arbore *). Calculul aşezării acestor piese presupune cunoscute probleme de rezistenţa materialelor (tensiuni şi deformaţii) ale unui cilindru în rotaţie (1) supus la presiune interioară şi exterioară.

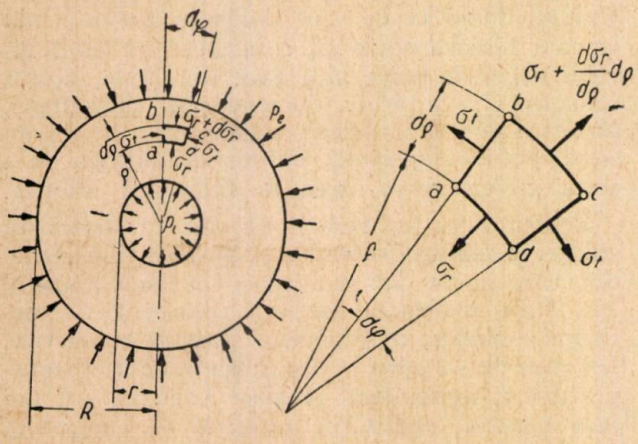


Fig. 1

Scriindu-se ecuaţia de echilibru a elementului *abcd* (fig. 1) dintr'un cilindru supus la presiune interioară şi presiune exterioară şi ţinând seama de relaţiile dintre alungiri şi modulul de elasticitate (legea lui Hooke), se stabileşte ecuaţia Lamé :

$$\frac{d^2u}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{du}{d\rho} - \frac{u}{\rho^2} = 0 \qquad (1)$$

unde μ este alungirea (deformarea) radială pe raza ρ. Prin integrare se obţine pentru cazul general al cilindrului solicitat de presiunea interioară p_i şi de presiunea exterioară p_e

$$u = \frac{1-\mu}{E}\frac{r^2 p_i - R^2 p_e}{R^2 - r^2}\rho + \frac{1+\mu}{E}\frac{r^2 R^2 (p_i - p_e)}{(R^2 - r^2)\rho} \qquad (2)$$

unde s'a notat E modulul de elasticitate şi μ coeficientul Poisson. Vom avea următoarele patru cazuri particulare :

a) cilindru solicitat numai de presiune interioară :

— alungirea razei interioare, se obţine din ecuaţia de mai sus (2) pentru $\rho = r$ şi $p_e = 0$ şi are expresia :

$$\frac{p_i r}{E}\left[\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} + \mu\right] \qquad (3)$$

— alungirea razei exterioare :

$$\frac{2 p_i R \alpha^2}{E(1-\alpha^2)} \qquad (4)$$

b) cilindru solicitat numai de presiune exterioară :

— alungirea razei interioare

$$\frac{-2 p_e r}{E(1-\alpha^2)} \qquad (5)$$

— alungirea razei exterioare :

$$\frac{-p_e R}{E}\left[\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} - \mu\right]. \qquad (6)$$

Ecuaţia Lamé (1) permite să se determine şi expresiile tensiunilor din cilindrul cu pereţi groşi supus la presiunile p_i şi p_e. Avem :

$$\sigma_t = \frac{r^2 p_i - R^2 p_e}{R^2 - r^2} + \frac{(p_i - p_e) r^2 R^2}{\rho^2 (R^2 - r^2)} \qquad (7)$$

$$\sigma_r = \frac{r^2 p_i - R^2 p_e}{R^2 - r^2} - \frac{(p_i - p_e) r^2 R^2}{\rho^2 R^2 - r^2}. \qquad (8)$$

Evident că $\sigma_t > \sigma_r$, deaceea calculul de rezistenţă se conduce după tensiunile tangenţiale. Se găsesc două valori particulare ;

a) pentru $p_e = 0$

$$\sigma_{t\,max} = p_i\left(\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2}\right) \qquad (9)$$

*) In mod analog se calculează şi valoarea strângerii a bandajelor dela capetele bobinelor turbogeneratorilor.

b) pentru $p_i = 0$

$$\alpha_{t\,max} = \frac{-2p_e}{1-\alpha^2}. \qquad (10)$$

In toate relaţiile de mai sus, s'a notat $\alpha = \frac{r}{R}$.

Dacă, mai departe, studiem cilindrul în rotaţie, se ţine seama de forţele centrifuge (2).

Ecuaţia diferenţială (1) devine în acest caz (fig. 2) :

$$\frac{d^2u}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{du}{d\rho} - \frac{u}{\rho^2} = -(1-\mu)\frac{\gamma\omega^2}{gE}\rho^2 \qquad (11)$$

unde $g = 9{,}81$ m/s², γ(g/cm³) este densitatea materialului cilindrului şi ω—viteza unghiulară.

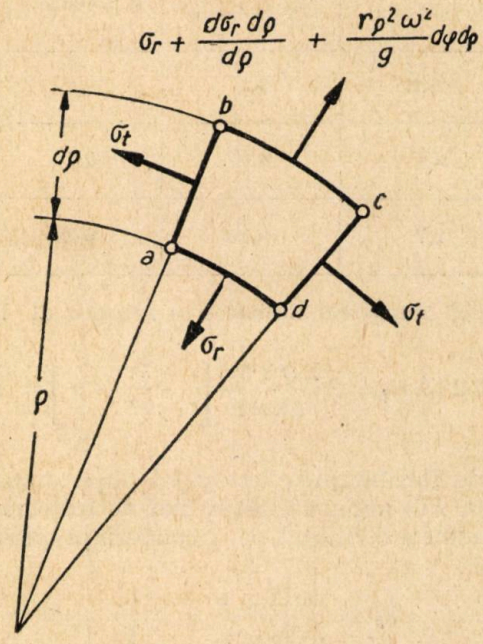


Fig. 2

Această ecuaţie (11) permite să se stabilească valoarea tensiunilor tangenţiale :

$$\sigma_t = \frac{3+\mu}{8(1-\mu^2)}Eq\left(r^2 + R^2 - \frac{1+3\mu}{3+\mu}\rho^2 + \frac{r^2R^2}{\rho^2}\right) \text{ cu } q = \frac{\gamma\omega^2}{gE}(1-\mu^2).$$

Rezultă :

a) pe suprafaţa interioară a cilindrului ($\rho = r$) :

$$\sigma_{t\,max} = \sigma_i\ 0{,}825\ (1+0{,}212\ \alpha^2) \qquad (12)$$

b) pe suprafaţa exterioară a cilindrului ($\rho = R$) :

$$\sigma_{t\,min} = \sigma_i\ 0{,}825\ (0{,}212 + \alpha^2) \qquad (13)$$

cu $\mu = 0{,}3$ pentru oţel

$$\sigma_i = \frac{\gamma V^2}{10 \times 9{,}81} \cong \frac{\gamma V^2}{100} \text{ şi } V \text{ m/s.}$$

Forţele centrifuge nu numai că introduc solicitări suplimentare în butuc, dar modifică şi valoarea strângerii δ. Astfel, forţele centrifuge întind atât butucul cât şi arborele şi mărimea iniţială devine $\delta_\omega < \delta$.

In construcţia maşinilor electrice butucul este încărcat în afară de forţa centrifugă datorită greutăţii proprii şi de forţele centrifugale ale pieselor aflate pe el, de ex. : polii la rotorul maşinilor sincrone, fierul şi bobinajul induşilor. Aceste forţe măresc deformaţia butucului mai mult decât pe aceea a arborelui. In fig. 3 se arată cum se modifică deformaţia butucului (piesa *1*) şi a arborelui (piesa 2) sub acţiunea forţelor centrifuge. Piesele fiind îmbinate prin aşezarea presată, diametrul interior al butucului 1 s'a executat mai mic decât diametrul exter or al arborelui 2, cu mărimea δ. Valoarea δ constitue strângerea ajustajului respectiv. Atunci când butucul şi arborele sunt aduse din repaos în mişcarea de rotaţie, forţele centrifuge care se nasc în ele sunt proporţionale cu patratul vitezei de rotaţie.

Deformaţiile elastice ale butucului şi arborelui în direcţie radială sunt proporţionale cu forţele, adică vor fi proporţionale cu pătratul vitezei de rotaţie. Alungirea diametrului poate fi reprezentată, deci, printr'o relaţie de forma :

$$\Delta D = K\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2 \qquad (14)$$

unde K este coeficientul de deformaţie şi n viteza de rotaţie a maşinii. Valoarea coeficientului de deformaţie este diferită pentru butuc şi arbore şi depinde de raportul α dintre diametrul interior şi cel exterior al cilindrului respectiv : butuc respectiv arbore (arborele are diametrul interior, deobiceiu nul). Viteza de rotaţie la care diametrul interior al butucului întins de forţele centrifuge devine egal cu diametrul exterior al arborelui, deasemenea încărcat de forţele centrifuge, se numeşte viteză de desprindere şi se va însemna cu n_0. La această viteză, presiunea pe suprafaţa de contact devine zero. Rezultă că este necesar ca viteza de desprindere să fie mai mare decât cea mai mare viteză de rotaţie a piesei respective.

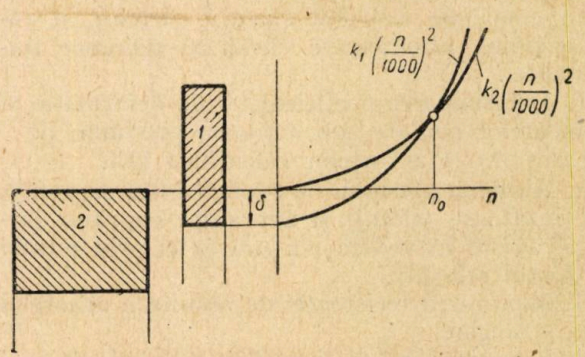


Fig. 3

In cazul pieselor supuse la eforturi tangenţiale este necesar să se ţină seama de micşorarea presiunii de contact a pieselor datorită micşorării valorii δ, în timpul rotaţiei, fiindcă tocmai presiunea de contact creiază forţa de frecare care echilibrează momentul de rotaţie transmis. Trebue avut în vedere că deplasările relative oricât de

mici ale suprafeţelor de contact duc la distrugerea îmbinării.

Studiul calculării ajustajului presat arată deci că din punctul de vedere al calităţii ajustajului este de dorit să se obţină presiuni de contact mari. Aceste presiuni însă scad brusc rezistenţa de obosire a arborelui presat. Datele experimentale stabilite de savantul sovietic S. V. Serensen (3) arată că datorită presiunii exercitate de butuc asupra arborelui, rezistenţa de obosire a arborelui se reduce de câteva ori (tabela 1).

Tabela 1

Marca oţelului	Limita de rezistenţă kg/mm²	Limita de obosire la încovoiere kg/mm²		Coeficientul de concentrarea eforturilor k_σ		Limita de obosire a arborelui $d \geqslant 100$ mm
		model $d = 10$ mm kg/mm²	model $d = 50$ mm kg/mm²	$d = 50$ mm²	$d > 100$ mm²	
30	48	20	14	2,35	3,7	5,4
40	57	23	16	2,6	4,07	5,7
50	63	27	19	2,7	4,25	6,35

Tabela a fost stabilită pentru presiunea de contact de 300 kg/cm². Pentru presiuni de contact mai mici, coeficientul de concentraţie K_σ trebue înmulţit cu coeficientul de corectare.

p kg/cm²	0,4	50	100	150	200	300
ξ	0,65	0,73	0,81	0,88	0,94	1

Acest lucru trebue avut în vedere mai ales la calculul aşezărilor presate ale pieselor motoarelor electrice pentru laminoare, în arborele cărora acţionează fără întrerupere, tensiuni variabile datorite încovoierii şi răsucirii.

In concluzie, calculul aşezării pieselor în rotaţie ridică următoarele chestiuni teoretice importante :

1. Determinarea coeficienţilor de deformaţie ai elementelor cuplate sub acţiunea presiunii, de contact (λ) şi a forţelor centrifuge (K).
2. Alegerea presiunii de contact între suprafaţa cuprinzătoare (alezaj) şi suprafaţa cuprinsă (arbore) având în vedere micşorarea ei prin rotaţie şi efectul relaxării.
3. Micşorarea rezistenţei de obosire a arborelui prin strângere.
4. Evaluarea mărimii coeficientului de frecare pe suprafaţa de contact, având în vedere şi calitatea prelucrării.

In capitolele următoare ne vom ocupa de chestiunile 1, 2 şi 4, chestiunea 3 fiind tratată mai sus.

COEFICIENŢII λ şi K

Pentru calculul ajustajelor presate B. N. Krasovski (4) introduce noţiunile de flexibilitate (λ) şi coeficientul de deformaţie (K) ale pieselor asamblate.

1. Flexibilitatea unui element constructiv într'o anumită direcţie este deformaţia elastică ce se obţine sub acţiunea unui sistem de forţe dat. Flexibilitatea în cm/t a butucului şi a arborelui, încărcat cu presiunea radială ΣQ *) uniform distribuită pe circonferinţă şi pe generatoare (fig. 4) se obţine din relaţiile (3) respectiv (6).

Sub acţiunea presiunii interioare $p = \frac{\Sigma Q\ 1\,000}{2\pi rb}$ (în tone) alungirea diametrului interior al butucului

$$\Delta d_b = 2\,(\Delta r)_t = 2\,\frac{\Sigma Q\ 1\,000}{2\pi rb E}\left[\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} + \mu\right] = \Sigma Q \lambda_b \tag{15}$$

de unde flexibilitatea butucului după diametrul interior, sub acţiunea sistemului de forţe radiale ΣQ, uniform distribuit pe circomferinţa orificiului central :

$$\lambda_b = \frac{320}{Eb}\left[\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} + \mu\right]. \tag{16}$$

Alungirea diametrului exterior al arborelui (în cm) sub acţiunea presiunii exterioare ΣQ (în tone), neglijând semnul minus, este :

$$\Delta d_a = 2\,(\Delta r)_a = \frac{2\,\Sigma Q\ 1\,000\ r}{2\pi rb E}\left[\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} - \mu\right] = \Sigma Q \lambda_a \tag{17}$$

de unde :

flexibilitatea după diametrul exterior al arborelui încărcat cu sistemul de forţă exterioară Q, este :

$$\lambda_a = \frac{320}{Eb}\left[\frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} - \mu\right] \tag{18}$$

deoarece în general $\alpha = 0$, flexibilitatea arborelui continuu cilindric strâns de presiunea uniform distribuită a butucului, se mai poate scrie :

$$\lambda_a = \frac{320}{Eb}\left[1 - \mu\right] = \frac{225}{Eb}. \tag{19}$$

*) $Q = \frac{2\,k_f\,M_{max}}{d}$ unde M_{max} este momentul de răsucire maxim d — diametrul de asamblare şi $k_f = 2 - 3$ coeficientul de siguranţa asamblării.

2. Coeficientul de deformaţie sub acţiunea forţelor centrifuge (K) reprezintă deformaţia piesei într'o direcţie dată (de ex. sporirea diametrului interior al butucului sau a celui exterior a arborelui) la o viteză de rotaţie egală cu 1000 rot/min.

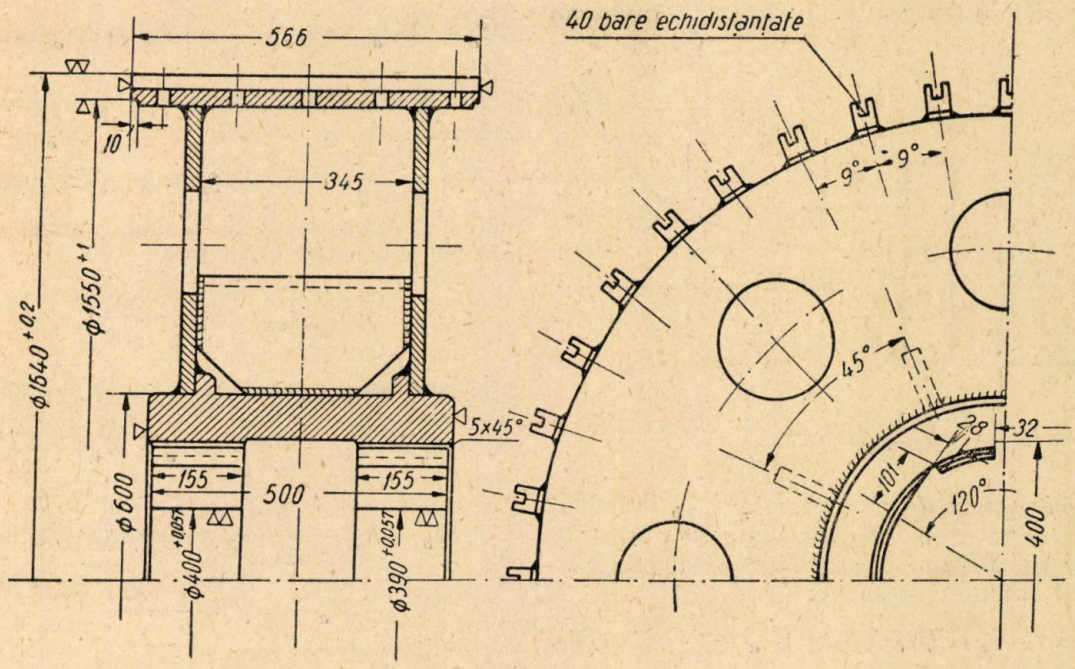


Fig. 4

Expresia generală pentru coeficientul de deformaţie este :

$$K = \frac{\sigma}{E}\, d \left(\frac{1\,000}{n}\right)^2 . \qquad (20)$$

unde σ este tensiunea de întindere tangenţială pe diametrul d al piesei de rotaţie şi n — viteza la care se determină tensiunea.

Astfel pentru diametrul interior al butucului avem :

$$K_b = \frac{\sigma_{t\,max}}{E}\, d \left(\frac{1\,000}{n}\right)^2 . \qquad (21)$$

Inlocuind expresia (12) se obţine :

$$K_b = 3{,}8\ \frac{d^3}{E}\left(4{,}7 + \alpha^2\right) 10^{-3} \qquad (22)$$

cu $\mu = 0{,}3$ şi $\gamma = 7{,}8$.

Dacă ţinem seama de forţele centrifuge ale maselor distribuite pe periferia butucului, valoarea lui K_1 din (22) se corectează după cum urmează :

Notăm :

G_0(kg) — greutatea pieselor repartizate pe periferia butucului ;

R_0(cm) — raza la centrul de greutate al acestor piese.

Forţa centrifugă (la $n = 1\,000$ rot/min) a pieselor repartizate pe periferia cilindrului (în kg) :

$$P = 11{,}2\ G_0\ R_0 \qquad (23)$$

Alungirea diametrului interior al butucului sub acţiunea acestei forţe :

$$\Delta d' = \Sigma\, P\, \lambda' \qquad (24)$$

S'a notat λ' flexibilitatea butucului după diametrul interior sub acţiunea unui sistem de forţe exterioare, aplicate pe circomferinţe de rază R. Din (6) rezultă :

$$\Delta d = 2\,(\Delta r)_e = 2\ \frac{2\,\Sigma\, P\ 1\,000\, r}{2\,\pi\, RbE\,(1-\alpha^2)} = \Sigma\, P\, \lambda' \qquad (25)$$

$$\lambda' = \frac{640}{E\, b}\ \frac{\alpha}{1-\alpha^2} . \qquad (26)$$

Coeficientul rezultant de deformaţie se obţine prin însumare :

$$K'_b = K_b + \Delta d' = 3{,}8\ \frac{d^3}{E}\left(4{,}7 + \alpha^2\right)\alpha\ 10^{-3} + \\ + 11{,}2\ G_0\, R_0\ \frac{640}{E\, b}\ \frac{\alpha}{1-\alpha^2}\ 10^{-3} \qquad (27)$$

deci :

$$K'_b = \frac{3{,}8}{E}\left[d^3\left(4{,}7 + \alpha^2\right) + 1\,880\ \frac{G_0}{b}\ \frac{R_0}{1-\alpha^2}\right]. \qquad (28)$$

Coeficientul de deformaţie al arborelui după diametrul său exterior rezultă din :

$$K_a = \frac{\sigma_{t\,min}}{E}\, d \left(\frac{1\,000}{n}\right)^2 . \qquad (29)$$

Ţinând seama de (13) avem :

$$K_a = 3{,}8\ \frac{d^3}{E}\ (1 + 4{,}7\ \alpha^2)\ 10^{-3} \qquad (30)$$

PRESIUNEA DE CONTACT PE SUPRAFAŢA DE AJUSTARE LA VITEZA DE ROTAŢIE n

Ca rezultat al ajustării presate, diametrul exterior al arborelui se micşorează cu mărimea δ_2,

iar diametrul interior al butucului se va mări cu δ_1 (fig. 5).

Valoarea întinderii butucului şi a strângerii arborelui rezultă din condiţia că suma forţelor radiale Q ce acţionează pe suprafaţa de contact a pieselor este aceeaşi pentru butuc şi arbore, ceeace este evident din legea echivalenţei acţiunii şi reacţiunii.

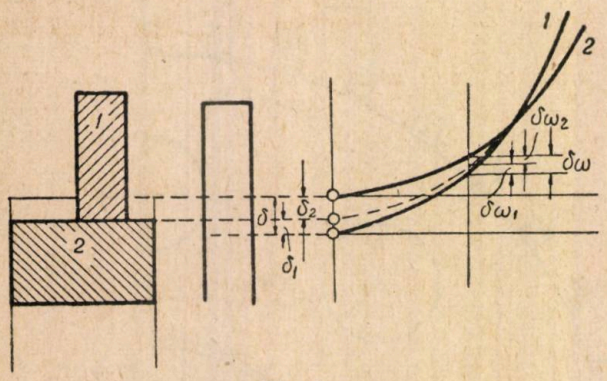


Fig. 5

Insemnând mai departe prin λ_a şi λ_b flexibilitatea arborelui ce se referă la diametrul exterior respectiv flexibilitatea butucului ce se referă la diametrul interior, obţinem :

$$\delta_1 = Q\lambda_b \text{ şi } \delta_2 = Q\lambda_a. \tag{31}$$

Deoarece suma deformaţiilor diametrale ale ambelor piese la $n = 0$ trebue să fie egală cu strângerea de ajustaj $\delta_1 + \delta_2 = \delta$ găsim expresia forţelor radiale care acţionează pe suprafaţa de contact a pieselor asamblate :

$$Q = \frac{\delta}{\lambda_a + \lambda_b}. \tag{32}$$

Astfel, după ajustarea la cald şi răcirea butucului la temperatura normală, se stabileşte echilibru la diametrul de ajustaj d_δ. In butuc acţionează efortul de întindere şi în bucşe de strângere.

In relaţie, apar forţe centrifuge şi diametrul de ajustaj d_δ se va mări cu Δd. Pentru o viteză oarecare, în limitele dela 0 la n_0[1]), deformaţiile butucului şi arborelui se prezintă ca ordonatele curbelor 1 şi 2 (fig. 5). Diferenţa ordonatelor respectiv reprezintă mărimea strângerii δ_ω care mai există între piese, la acea viteză. Această strângere remanentă poate fi descompusă în componentele sale δ_{ω_1} deformaţia butucului şi δ_{ω_2} deformaţia arborelui, proporţionale cu flexibilităţile :

$$\frac{\delta_{\omega_1}}{\delta_{\omega_2}} = \frac{\lambda_b}{\lambda_a} \tag{33}$$

Pentru orice viteză de rotaţie diametrul exterior al arborelui plus deformaţia acestui diametru este egal cu diametrul interior al butucului plus deformaţia lui, adică :

$$d_a + \Delta d_a = d_b + \Delta d_b \tag{34}$$

[1]) Pentru viteze mai mari de cea de desprindere n_0, fenomenul nu ne interesează deoarece diametrul interior al butucului este mai mare decât diametrul exterior al arborelui.

cum $\delta = d_b - d_a$, pentru viteza n_0 de desprindere, mărimea necesară a strângerii de ajustare va fi din (34)

$$\delta = \Delta d_a - \Delta d_b. \tag{35}$$

Datorită forţelor centrifuge avem :

$\Delta d_a = \Delta d_{ac} = K_a \left(\frac{n}{1\,000}\right)^2$ unde Δd_{ac} este deformaţia diametrului exterior al arborelui numai datorită forţelor centrifuge şi : $\Delta d_b = \Delta d_{bc} = K_b \left(\frac{n}{1\,000}\right)^2$ unde Δd_{bc} este deformaţia diametrului interior al butucului numai datorită forţelor centrifuge. Rezultă :

$$\delta = (K_a - K_b)\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2. \tag{35}$$

Strângerea remanentă la viteza de rotaţie n :

$$\delta_\omega = d_b + K_b\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2 - d_a - K_a\left(\frac{n}{1\,000}\right)^3 =$$

$$= -K_a - K_b\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2 \text{ sau înlocuind diferenţa (35):}$$

$$K_a - K_b = \frac{\delta}{\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2}$$

obţinem :

$$\delta_\omega = \delta - \delta\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2 = \delta\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right]. \tag{36}$$

Deformaţia remanentă a butucului în rotaţie :

$$\delta_{\omega_1} = \delta_{\omega_2}\frac{\lambda_b}{\lambda_a} = (\delta_\omega - \delta_{\omega_1})\frac{\lambda_b}{\lambda_a}$$

sau

$$\delta_{\omega_1} = \frac{\delta_\omega}{1 + \frac{\lambda_a}{\lambda_b}} = \frac{\delta}{1 + \frac{\lambda_a}{\lambda_b}}\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right]. \tag{37}$$

Deformaţia remanentă a arborelui în rotaţie :

$$\delta_{\omega_2} = \delta_\omega - \delta_{\omega_1} = \frac{\delta_\omega}{1 + \frac{\lambda_b}{\lambda_a}} =$$

$$= \frac{\delta}{1 + \frac{\lambda_b}{\lambda_a}}\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right]. \tag{38}$$

Forţa radială între butuc şi arbore pe suprafaţa de ajustare la viteza de rotaţie n, este :

$$Q_\omega = \frac{\delta_{\omega_1}}{\lambda_b} = \frac{\delta}{\lambda_a + \lambda_b}\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right] =$$

$$= Q\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)\right]. \tag{39}$$

Presiunea de contact pe suprafaţa de ajustare la viteza de rotaţie n :

$$p_\omega = \frac{Q_\omega}{\pi d_\delta b} = \frac{Q}{\pi d_\delta b}\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right] \tag{40}$$

unde b este lăţimea butucului. Având în vedere că mărimea maximă a presiunii de contact este la $n = 0$

$$p = \frac{Q}{\pi d_b b}.$$

Obţinem în definitiv :

$$p_\infty = p_0 \left[1 - \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \right]. \qquad (41)$$

Tensiunea radială de strângere care acţionează în butuc, la marginea lui interioară este :

$$-\sigma_{r\,max} = p. \qquad (42)$$

EXPRESIA STRÂNGERII δ

Pe baza celor stabilite în capitolele precedente se poate scrie expresia lui δ, având în vedere atât efectul presiunii de contact cât şi efectul rotaţiei.

Astfel diametrul interior al butucului se măreşte din cauza presiunii de contact ca şi din cauza forţelor centrifuge. Diametrul exterior al arborelui, se micşorează din cauza presiunii de contact şi se măreşte din cauza forţelor centrifuge.

Pentru scrierea lungirii prin presiune trebue să cunoaştem valoarea flexibilităţii diametrului exterior al arborelui sub acţiunea forţelor exterioare, iar pentru alungirea datorită forţelor centrifuge trebue să cunoaştem valoarea coeficientului de deformaţie respectiv.

Expresiile acestor coeficienţi se găsesc în Cap. II de mai sus.

Deci, putem scrie :

$$\Delta d_a = K_a \left(\frac{n}{1\,000} \right)^2 - Q_\infty \lambda_a \qquad (45)$$

şi

$$\Delta d_b = K_b \left(\frac{n}{1\,000} \right)^2 + Q_\infty \lambda_b \qquad (46)$$

şi ecuaţia (35) devine :

$$\delta = Q_\infty (\lambda_a + \lambda_b) - (K_a + K_b) \left(\frac{n}{1\,000} \right)^2$$

sau ţinând seama de (39) în valoare absolută :

$$\delta = Q (\lambda_a + \lambda_b) \left[1 - \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \right] - (K_a + K_b) \left(\frac{n}{1\,000} \right)^2 \qquad (47)$$

unde sunt cunoscuţi toţi termenii.

Cu ajutorul relaţiei (47) se va calcula mărimea strângerii δ în funcţie de Q (tone) deci de M_{max}(kg) de coeficienţii de deformaţie ai butucului şi arborelui (λ şi K) şi de turaţia maşinii.

In cazul motoarelor pentru laminoare de ex. deoarece n este mic (125 rot/min — 30 rot/min)0 relaţia generală (47) se poate simplifica neglijând efectul forţelor centrifuge.

Putem calcula deci cu formula :

$$\delta = Q (\lambda_a + \lambda_b)$$

sau ţinând seama de (16) şi (19) :

$$\delta = Q \frac{640}{E b (1 - \alpha^2)} \qquad (48)$$

cu $\alpha = \frac{\text{diametrul interior al butucului}}{\text{diametrul exterior al butucului}}$ şi b lăţimea butucului.

CALCULUL AJUSTAJULUI DUPĂ MĂRIMEA MOMENTULUI DE RĂSUCIRE TRANSMIS

Momentul de rotaţie maxim în kgm transmis dela butuc la arbore, este :

$$M_{max} = 975 \frac{P_{max}}{n}$$

cu P_{max} — puterea maximă transmisă în kW egală cu kP ;

P — puterea nominală în kW ;

k — coeficientul suprasarcinii ;

n — viteza de rotaţie a maşinii în rot/min.

Momentul necesar ce trebue desvoltat de forţele de frecare de pe suprafaţa de contact

$$M_f = k_f M_{max}$$

unde k_f este un coeficient de siguranţă al asamblării, care după datele sovietice este cuprins între 2 şi 3.

Presiunea de contact necesară pe suprafaţa de ajustare în kg/cm² va fi deci :

$$p = \frac{200 k_f M_{max}}{\pi f d_\delta^2 b} \qquad (49)$$

unde f este coeficientul de frecare între butuc şi arbore, $d\delta$ diametrul de ajustare în cm şi b lăţimea axială a suprafeţei de contact.

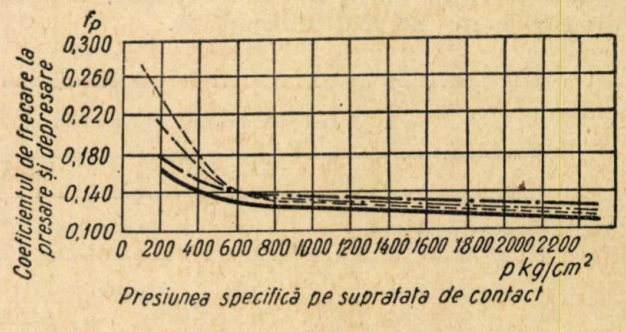


Fig. 6

Cercetările experimentale efectuate de A. B. Corona (5), au arătat că coeficientul de frecare între piesele având ajustaje cu strângere, variază atât cu presiunea cât şi cu calitatea suprafeţelor în contact.

In fig. 6 s'a reprezentat relaţia dintre coeficientul de frecare la presare f_p în funcţie de presiunea specifică (kg/cm²). Materialul pieselor asamblate a fost oţel carbon 45.

Suprafaţa de contact a arborelui a fost şlefuită, corespunzător $H_{mp} = 1 - 1{,}25$ microni, iar aceea a bucşei a fost prelucrată prin diferite metode şi anume:

1) prin broşare;
2) prin strunjire fină;
3) prin alezare;
4) prin şlefuire;

realizându-se însă aceeaşi calitate a suprafeţei $H_{mp} = 1 - 1{,}25$ microni.

Se vede că valoarea coeficientului de frecare scade după o hiperbolă pe măsura creşterii presiunii specifice dela 0 la 600 kg/cm² şi apoi se reduce mult mai lent, aproape asimptotic la $f_p = 0{,}12$. Pe câtă vreme în zona presiunilor specifice până la 600 kg/cm² metoda prelucrării su-

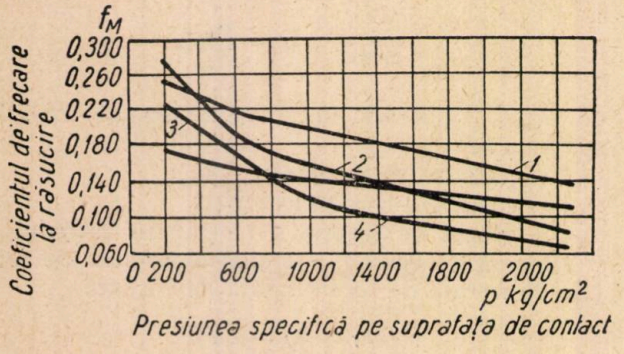


Fig. 7

prafeţelor de asamblare a piesei exterioare influenţează valoarea coeficientului de frecare (datorită faptului că suprafeţele prelucrate diferit, având acelaş indice de calitate H_{mp} au coeficienţi de umplerea profilului $c = \frac{H_{mp}}{H_{max}}$ diferiţi, pe măsura creşterii presiunilor specifice această diferenţă dispare aproape complect şi la o anumită valoare a calităţii suprafeţelor de asamblare ale pieselor există practic o anumită valoare a presiunii specifice, după a cărei depăşire, metoda de prelucrare nu mai influenţează.

In fig. 7 se dă relaţia dintre coeficientul de frecare la răsucire (f_M) şi presiunea specifică, în aceleaşi ipoteze ca mai sus (fig. 6). Valoarea coeficientului de frecare f_M la răsucirea asamblării presate (suprafeţele de contact fiind broşate) este cu 80% mai mare decât valoarea coeficientului corespunzător f_p la presare (depresare). Pentru suprafeţe strunjite şi alezate aceşti coeficienţi sunt aproximativi egali, iar în cazul suprafeţelor şlefuite, f_M este aproximativ cu 40% mai mic decât f_p.

Din studiul lui Corona rezultă următoarele concluzii tehnologice, de care trebue să ţină seama proectantul.

1. Calitatea suprafeţelor de asamblare ale pieselor având ajustaj cu strângere exercită o influenţă apreciabilă asupra asamblării, deoarece modifică mult valoarea coeficientului de frecare.

2. Valoarea coeficientului de frecare depinde de presiunea specifică de pe suprafaţa de contact, scăzând pe măsura creşterii presiunii, iar micşorarea valorii acestui coeficient se produce la început brusc, pentru presiuni de circa 600 kg/cm² atenuându-se.

3. Valoarea coeficientului de frecare creşte odată cu îmbunătăţirea suprafeţelor în contact şi după trecerea printr'o valoare optimă, începe să se reducă, chiar dacă calitatea suprafeţelor se ameliorează şi mai mult.

Coeficientul de frecare în repaus este de câteva ori mai mare decât cel în stare de mişcare.

Pentru construcţiile de maşini electrice putem efectua calculele cu valorile rezultate din curba dată în fig. 8. In cazul motoarelor reversibile de laminoare de ex. se recomandă a se lua valori şi mai mici pentru f. In afară de aceasta, în special pentru diametrele mici, trebue avută în vedere pierderea strângerii ca urmare a ştergerii asperităţilor rămase după prelucrarea mecanică a suprafeţelor de contact.

Datele de pierderea strângerii în dependenţă de diametru şi curăţenia prelucrării sunt indicate în tabela 2 (după B. N. Krasovski).

Tabela 2

Prelucrarea suprafeţei				Pierderea strângerii (în microni) la diametru		
Arbore		Butuc		Arbore	Butuc	Suma
Strunjire brută . . .	∇	Alezare brută . . .	∇	360	240	600
Strunjire fină	∇∇	Alezare brută . . .	∇∇	34	26	60
Strunjire fină	∇∇	Alezare fină . . .	∇∇	34	6	40
Şlefuire	∇∇∇	Strunjire + alezare	∇∇	10	6	16
Strunjire	∇∇∇	Şlefuire	∇∇∇	10	10	20
Lustruire	∇∇∇	Lustruire	∇∇	6	3	9
Lăpuire	∇∇∇∇	Lăpuire	∇∇∇	8,5	0,5	1

Se ţine seama de aceşti factori tehnologici la evaluarea lui δ efectiv.

Pe baza celor spuse mai sus se poate determina f. Cum :

$$Q = p\,\pi\,d_\delta\,b\,10^{-3} \text{ tone}$$

în relaţia (47) se poate înlocui Q şi rezultă expresia lui în funcţie de presiune, coeficientul de frecare şi dimensiunile butucului.

In cazul particular al motorului de laminor, putem scrie :

$$\delta = \frac{p}{E}\,\frac{2}{1-\alpha^2}\,d \qquad (50)$$

In funcţie de momentul maxim relaţia (47) pentru cazul maşinilor lente devine :

$$\delta = \frac{200 \cdot k\,M_{max}}{f\,d_\delta}\,(\lambda_a + \lambda_b) \qquad (51)$$

APLICAŢII NUMERICE

a) Un motor pentru tracţiune electrică care desvoltă un cuplu maxim $M_{max} = 986$ kgm, care arborele cu un diametru de 11,5 cm, iar butucul are o grosime de 1,55 cm radial şi o lăţime de 38 cm.

Se cere să se determine strângerea necesară.

Avem :

$$M_{max} = 986 \text{ kgm.}$$

După (49) şi cu $f = 0{,}15$:

$$p = \frac{200\,k_f\,M_{max}}{\pi\,f\,d_\delta^2\,b} = \frac{200 \cdot 3 \cdot 986}{\pi \cdot 0{,}15 \cdot 11{,}5^2 \cdot 38} =$$

$$= 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{11{,}5}{11{,}5 + 2 \cdot 1{,}55} = 0{,}79$$

După (50) şi cu $E = 2{,}2 \cdot 10^6$ kg/cm^2

$$\delta = \frac{p}{E}\,\frac{2}{1-\alpha^2}\,d_\delta = \frac{250}{2{,}2 \cdot 10^6}\,\frac{2}{1-0{,}79^2}\,11{,}5 =$$

$$= 0{,}0068 \text{ cm.}$$

După STAS 1920 „Toleranţe şi Ajustaje" alegem abaterile de execuţie în sistemul alezaj unitar, clasa de precizie 2 şi găsim :

la butuc abaterile alezajului JE 2 : + 0 şi + 35 microni

la arbore + 95 şi + 70 microni pentru ajustaj presat sb 2.

Avem :

$$\delta_{minim} = 0{,}070 - 0{,}035 = 0{,}035 \text{ mm}$$

$$\delta_{maxim} = 0{,}095 - 0{,}0 = 0{,}095 \text{ mm.}$$

Valoarea δ calculată mai sus este cuprinsă între jocurile δ_{min} şi δ_{max} alese (6).

b) Un motor asincron tip „Electro-Putere" are $P = 1000$ kW, $n = 300$ rot/min, diametrul arborelui 40 cm diametrul butucului 60 cm şi lăţimea de contact $2 \times 15{,}5 = 31$ cm.

$$M_{max} = 975\,\frac{P_{max}}{n} = 975\,\frac{k\,P}{n} = 975\,\frac{3 \cdot 1\,000}{300} =$$

$$= 9\,750 \text{ kgm.}$$

$$p = \frac{200\,k_f\,M_{max}}{\pi\,f\,d_\delta^2\,b} = \frac{200 \cdot 3 \quad 9750}{\pi\,0{,}15{,}40^2 \cdot 31} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha = \frac{d_\delta}{D} = \frac{40}{60} = 0{,}665$$

$$\delta = \frac{p}{E}\,\frac{2}{1-\alpha^2}\,d_\delta = \frac{250}{2{,}2-10^6}\,\frac{2}{1-0{,}665^2}\,40 =$$

$$= 0{,}0163 \text{ cm.}$$

Alegem după STAS 1920 abaterile limită

la butuc + 0 şi + 60 pentru JE 2
la arbore + 260 şi + 220 pentru Sb2

Avem :

$$\delta_{minim} = 0{,}220 - 0{,}060 = 0{,}180 \text{ mm}$$

$$\delta_{maxim} = 0{,}260 - 0{,}0 = 0{,}260 \text{ mm}$$

Ajustajul este bine dimensionat.

CALCULUL TENSIUNILOR CE SE NASC LA AJUSTAREA BUTUCULUI PE ARBORE

Se pleacă dela relaţiile generale ce rezultă din studiul rezistenţelor într'un cilindru cu pereţi groşi, supus la presiuni şi antrenat în rotaţie. Aşa cum s'a arătat în Cap. I butucul şi arborele sunt cazuri paticulare ale acestui cilindru.

1. Tensiunile de întindere maxime pe suprafaţa interioară a butucului sunt datorite :

a) forţele centrifuge (greutatea proprie şi masele de pe periferie).

$$\sigma_{\omega b} = K_b \left(\frac{n}{1\,000}\right)^2 \frac{E}{d_\delta} \qquad (52)$$

(vezi relaţia (20)) ;

b) forţelor radiale de elasticitate produse de strângerea remanentă (la orice viteză de rotaţie n ;

$$\sigma_{Qb} = \frac{Q_\omega}{\pi\,d\,b}\left[\frac{1+\alpha_b^2}{1-\alpha_b^2}\right] =$$

$$= \frac{Q}{\pi\,d_\delta\,b}\left[\frac{1+\alpha_b^2}{1-\alpha_b^2}\right]\left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right] \qquad (54)$$

(vezi relaţia (9)).

In butuc vom avea tensiunea maximă :

$$\sigma_{b\,max} = \sigma_{\omega b} + \sigma_{Qb}\ . \qquad (54)$$

Tensiunea maximă de forfecare în butuc, la marginea interioară, la repaos $n = 0$:

$$\tau_{0\,max} = \frac{1}{2}\,(\sigma_{Qb} + p_0) \qquad (55)$$

şi la viteza n :

$$\tau_{max} = \frac{1}{2}\,(\sigma_{b\,max} + p_\omega). \qquad (56)$$

2. Tensiunile în arbore datorite ajustajului sunt mai mici decât în butuc, dar pentru complectarea „Metodei" vom da formulele pentru calculul tensiunilor respective.

a) Tensiunea datorită forţelor centrifuge (greutatea proprie) de întindere :

$$\sigma_{\omega a} = K_a \left(\frac{n}{1\,000}\right)^2 \frac{E}{d_\delta} \qquad (57)$$

b) Tensiunea datorită forţelor radiale de elasticitate, produse de strângerea remanentă, δ_ω de compresiune

$$\sigma_{Qa} = \frac{Q_\omega}{\pi d_\delta b} \frac{2}{1-\alpha_a^2} = \frac{Q_0}{\pi d_\delta b} \left[\frac{2}{1-\alpha_a^2}\right] \left[1 - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right] \qquad (58)$$

Tensiunea totală pe suprafaţa exterioară :

$$\sigma_a = \sigma_{\omega a} - \sigma_{Qa} \qquad (59)$$

Formulele date în articolul de faţă pentru flexibilitatea arborelui λ_a şi coeficientul de deformaţie K_a sunt stabilite în ipoteza că butucul are o lăţime comparabilă cu lungimea arborelui. Pentru $\frac{b}{d} = 0{,}25 - 0{,}75$ se introduce un factor de corecţie $\beta = 0{,}7 - 0{,}9$ cu care se înmulţeşte λ_a respectiv K_a. Deci în relaţiile de mai sus în loc de λ_a şi K_a se va introduce $\beta\lambda_a$ şi βK_a.

In cazul maşinilor lente (neglijăm efectul rotaţiei butucului) este suficient în practică să se verifice valoarea tensiunii maxime în butuc, adică, din (53) :

$$\sigma_t = p \frac{1+\alpha_b^2}{1-\alpha_b^2} \qquad (60)$$

a cărei valoare nu trebue să depăşească 1 600 kg/cm². Astfel în cazul aplicaţiilor de mai sus, avem :

la IV *a* : $\sigma_t = 250 \frac{1 + 0{,}79^2}{1 - 0{,}79^2} = 1\,070$ kg/cm²

la IV *b* : $\sigma_t = 250 \frac{1+0{,}665^2}{1-0{,}665^2} = 640$ kg/cm² .

Diametrul exterior al butucului D se poate dimensiona cu relaţia empirică $D = 1{,}2\ d + 1{,}6$ cm.

COMPARAŢIE INTRE MONTAJUL LA RECE ŞI MONTAJUL LA CALD

Valoarea efortului maxim de presare la un ajustaj prin strângerea δ, este :

$$T = \frac{\delta_{max}}{\lambda_a + \lambda_b} f k_r \text{ (tone)} \qquad (61)$$

unde f este coeficientul de frecare (fig. 8) şi k_r un coeficient care ţine seama de asperităţile suprafeţelor, având valoarea 1,1—1,4 (valoarea inferioară se referă la suprafeţe şlefuite şi valoarea superioară la cele prelucrate brut) [1]).

[1]) Demonstraţia formulei $T = \pi d b p f$

$\delta = Q(\lambda_b + \lambda_b) = \pi dbp\ (\lambda_a + \lambda_b)$

Deci : $T = \frac{\delta}{\lambda_a + \lambda_b} f$

Manometrul presei indică în fiecare moment efortul T produs şi permite să se controleze dacă strângerea este conformă cu calculul, adică dacă execuţia pieselor este satisfăcătoare.

In lipsa unor prese suficient de puternice suntem obligaţi să renunţăm la acest control al calităţii

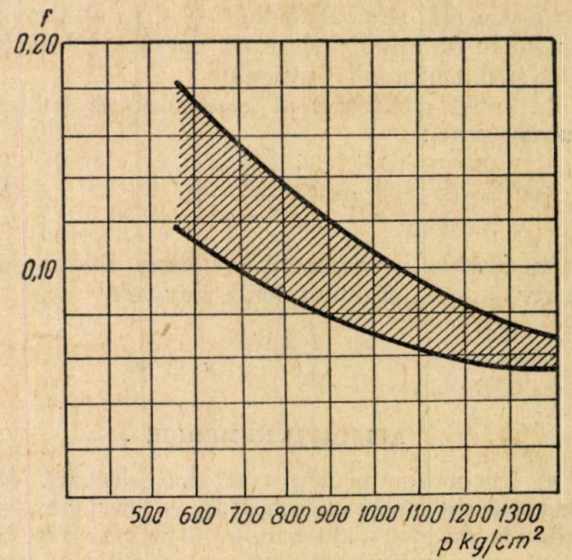


Fig. 8

ajustajului (prin însăşi operaţia de montaj) şi se introduce butucul cald pe arbore.

Astfel, butucul motorului de 1 000 kW s'a încălzit şi apoi din macara s'a lăsat arborele în gaura dilatată a butucului deoarece prin montaj la rece ar fi fost necesară o presă de :

$$T = \frac{\frac{0{,}260}{640}}{2{,}2 \cdot 10^6 \times 31 \times (1 - 0{,}665^2)} 0{,}15 \cdot 1{,}3 \cong 3000 \text{ tone}$$

Pentru montarea pieselor la cald este necesar să se determine temperatura de preîncălzire a butucului (de fapt a întregului rotor nebobinat) care asigură o aşezare liberă. Pentru aceasta este necesar ca piesa să se dilate prin încălzire cu o valoare $\delta + a$ unde a este o mărime care depinde de valoarea absolută a diametrului de ajustaj, d_δ şi se poate lua 0,003 d_δ.

Temperatura necesară de încălzire :

$$\theta = \frac{\delta + 0{,}003\, d_\delta}{0{,}000012\, d_\delta} = \frac{85\,000}{d_\delta} \left[(\delta + 0{,}003\ d_\delta) \right]$$

sau formula dată de B. V. Krasovski (4).

$$\theta = 85\,000 \frac{\delta}{d_\delta} + 250$$

In această formulă mărimea strângerii se introduce în mm.

La încălzirea de 350°C de ex. rezultă următoarele dilatări $\delta + a$ care asigură pe deplin ajustajul liber :

d mm...	50	80	100	150	200	300	400	500
$\delta + a$...	0,165	0,28	0,34	0,53	0,71	1,1	1,47	1,9

Deaceea în practică butucul se va încălzi la o temperatură inferioară.

DIAGRAME DE CALCUL

In birourile de construcţii din fabrici, pentru proectarea ajustajului cu strângere butuc arbore la maşinile electrice lente este suficient să se calculeze :

— presiunea p din M_{max} cu relaţia (49)
— strângerea δ cu relaţia (50)
— tensiunea maximă în butuc σ_t cu relaţia (60)
— efortul de presare T cu relaţia (61).

Pentru uşurarea calculului s'au întocmit diagramele din fig. 9 pentru expresiile A şi B funcţie

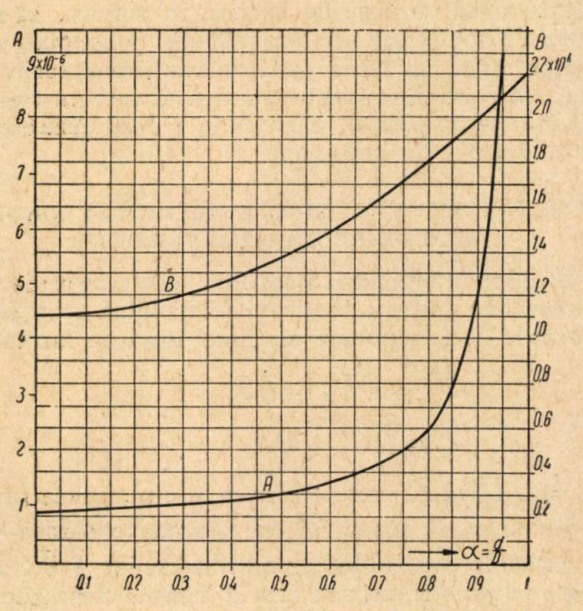


Fig. 9

de α, în cazul butucului confecţionat din oţel.

Formulele de calcul sunt :

$$p = \frac{200\, k_f M_{max}}{\pi f d^2 b} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\delta = A\, pd \text{ (cm) cu funcţia } A = \frac{2}{E(1-\mu^2)}$$

$$\sigma_t = B \frac{\delta}{d} \text{ (kg/cm}^2\text{) cu funcţia * } B = \frac{1+\alpha^2}{2} E$$

$$T = Cb\, \delta_{max} \text{ (tone) cu funcţia } C = \frac{f k_r}{\lambda_a + \lambda_b} =$$

$$= \frac{f k_r}{320} \frac{E(1-\alpha)^2}{2} = \frac{1}{1\,650\, A}$$

S'a notat :

M_{max} — momentul maxim al maşinii în kgm ;
k_f — coeficientul de siguranţa asamblării luat 3 ;
f — coeficientul de frecare, luat 0,15 pentru presiunea de 250 kg/cm² ;
d — diametrul ajustajului în cm ;
b — lungimea de contact a ajustajului în cm ;
$\alpha = \frac{d}{E}$ raportul diametrelor butucului ;
E — modulul de elasticitate, pentru oţel $2{,}2 \cdot 10^6$ kg/cm².

Aplicaţie :

Pentru $\alpha = 0{,}665$ găsim în fig. 9
$A = 1{,}6 \cdot 10^{-6}$; $B = 1{,}6 \cdot 10^6$; $C = 380$ şi cu $p = 250$ kg/cm² ** rezultă :

$$\delta = 1{,}65 \cdot 10^{-6} \times 250 \times 40 = 0{,}0165 \text{ cm}$$

$$\sigma_t = 1{,}6 \cdot 10^6 \times \frac{0{,}0165}{40} = 660 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 380 \times 31 \times 0{,}260 = 3\,000 \text{ tone.}$$

Bibliografie.

(1) *Filonenco Borodici* : Curs de rezistenţa materialelor Partea II-a (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, 1952, p. 67.
(2) *Beliaev B. N.* : Rezistenţa materialelor. Gostehizdat, Moscova, 1951, p. 609, 681.
(3) *Seresen V. S.* : Vestnic Maşinostroenia, 11 (1949).
(4) *Krasovski N. B.* : Problemele rezistenţei maş'nii electrice. Editura Academiei de Ştiinţe U.R.S.S., Moscova, 1951.
(5) *Corona B. A.* : Stanki i instrument, 9 (1950).
(6) *Alexeev E. A.* : Motoare electrice de tracţiune, Transjeldorizdat, Moscova 1951, p. 179.

* Demonstraţia acestei formule :

In $\sigma = p \frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2}$ introducând p din $\delta = \frac{p}{E} \frac{2}{1-\alpha^2} d$ rezultă :

$$\sigma = \frac{1+\alpha^2}{2} E \frac{\delta}{d} .$$

** Vezi cap IV aplicaţia *b*.

★

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕССОВОЙ НАСАДКИ СТУПИЦЫ НА ВАЛ У ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Р е з ю ме

Автор исходит из классических отношений напряжений и деформаций цилиндра с толстыми стенками, подверженному внутреннему и внешнему давлению с приводной скоростью n, отношения получаемые из дифференциальных уравнений по теории упругости (Ламе). Общая теория приложена при расчете прессовой посадки ступицы на вал, ступица считается как цилиндр с внутренним давлением, а вал как цилиндр с внешним давлением.

Для установления расчетных формул пользуются коэффициентом упругости (λ) и коэффициентом деформации (K) вышеназванных деталей, по диаметру посадки, согласно методу советского проф. Красовского.

На основе этого материала автор вырабатывает методику проектирования прессовой посадки — „ступица—вал" — на малых машинах и на больших тихоходных, устанавливая упрощенные формулы и диаграммы расчета, которые могут быть использованы в промышленной практике.

★

REGLAJUL TENSIUNII IN SISTEMELE ENERGETICE PRIN REDISTRIBUIREA PUTERII REACTIVE

Prof. Dr. Ing. ION S. ANTONIU

Menţinerea tensiunii constante, sau variind între limite admisibile, este una din problemele de căpetenie ce se pune în exploatarea sistemelor energetice. Dintre sistemele folosite în acest scop, autorul examinează pe cel mai utilizat şi anume acel al redistribuirii energiei reactive în reţea. Se dau principiile teoretice şi exemple de realizări practice.

Problema transmiterii energiei electrice între locul de producere şi locul de utilizare, care sunt îndepărtate unul de altul, putând fi uneori situate la distanţe considerabile, are două aspecte : unul tehnic — transportul de energie trebue să se facă sigur şi continuu ; al doilea economic, costul transportului ţinând seama de pierderile de energie şi de cheltueli, să fie cât mai redus posibil pentru ca preţul de cost al energiei să fie cât mai mic.

Energia electrică este un produs industrial care, pentru a putea fi utilizat în condiţii optime, trebue să îndeplinească anumite condiţii de calitate. Printre acestea, una din cele mai importante este constanţa tensiunii la locul de utilizare. Funcţionarea unui receptor de energie electrică este cu atât mai rea cu cât tensiunea aplicată la bornele sale este mai diferită de tensiunea sa nominală. Această situaţie se înrăutăţeşte şi mai mult dacă tensiunea aplicată este şi variabilă în timp.

Variaţiile de tensiune la consumatori sunt provocate, pe de o parte de consumatorii înşăşi, iar pe de altă parte de funcţionarea sistemelor energetice. Sarcinile consumatorilor sunt în perpetuă modificare atât în decursul celor 24 de ore ale unei zile, cât şi în timpul unui an.

Este suficient a ilustra cele de mai sus cu un consumator numai de iluminat, pentru a vedea că, în acest caz, sarcina poate varia în cursul unei zile cu valori între 0 şi 100%.

Variaţiile de sarcini ale consumatorilor condiţionează variaţiile căderilor de tensiune în reţeaua respectivă. In adevăr, menţinând tensiunea constantă la bornele centralei, prin variaţia sarcinii se vor produce căderi de tensiune variabile în reţea, rezultând astfel tensiuni variabile la consumatori, direct proporţionale cu variaţia sarcinilor în reţea.

Variaţiile de tensiune mai pot fi provocate şi de scoaterea sau punerea în funcţiune a unui consumator. In acest caz, mărimea variaţiei depinde de importanţa consumatorului respectiv şi ea va fi resimţită local, în cazul puterilor mici, unul sau mai multe motoare de putere mică, şi în toată reţeaua în cazul puterilor mari, o staţie de transformare de exemplu.

In sfârşit, tensiunea în diversele puncte ale unei reţele este comandată de modul de funcţionare ale diverselor elemente componente ale unui sistem energetic : centrale şi linii de transmitere a energiei electrice. Fiecare din acestea lucrează după un plan tehnico-economic bine stabilit. Orice schimbare a acestui plan, atât în ceeace priveşte centralele, sau chiar numai maşinile generatoare din sistem, cât şi în ceeace priveşte liniile de transport, conduce la o redistribuire a sarcinilor în sistem şi deci a tensiunilor în diversele puncte ale sistemului.

Problema reglajului tensiunilor în sistemele energetice se pune astfel ca, pentru orice variaţie de sarcină în sistem, să se restabilească tensiunea normală la consumatori, compatibilă cu buna funcţionare a receptorilor. Această restabilire trebue să se facă într'un timp cât mai scurt posibil, cheltuelile corespunzătoare fiind reduse la minimum.

FUNCŢIONAREA UNEI LINII ELECTRICE ŞI CONDIŢIILE DE REGLAJ ALE TENSIUNII

Studiul funcţionării unei linii electrice se face deobicei cu ajutorul teoriei cuadripolului, ecuaţiile generale de funcţionare ale liniei fiind de forma :

$$\overline{U}_1 = \overline{A}\,\overline{U}_2 + \overline{B}\,\overline{I}_2$$

$$\overline{I}_1 = \overline{C}\,\overline{U}_2 + \overline{D}\,\overline{I}_2$$

în care $\overline{U}_1$ şi $\overline{I}_1$ sunt tensiunea şi curentul la originea liniei, la uzină, $\overline{U}_2$ şi $\overline{I}_2$ sunt tensiunea şi curentul la capătul liniei, la utilizare, iar $\overline{A},\overline{B},\overline{C},\overline{D}$ nişte parametri, cu sau fără dimensii, depinzând de constantele fizice ale liniei şi legaţi între ei prin relaţia :

$$\overline{A}\,\overline{D} - \overline{B}\,\overline{C} = 1.$$

Dacă se presupune că linia este perfectă şi se neglijează capacitatea ei, atunci cuadripolul de funcţionare degenerează într'un dipol.

Fie pentru precizarea ideilor, cazul simplu a două centrale electrice M şi N, legate între ele printr'o linie de interconexiune perfectă, de rezistenţă R şi de reactanţă $L\omega$, fiecare debitând pe o reţea de distribuţie locală (fig. 1).

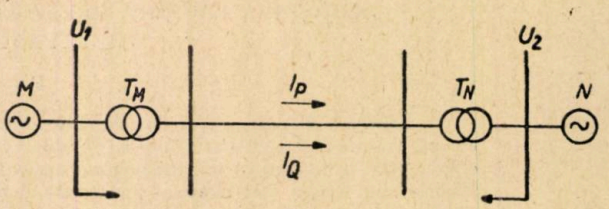


Fig. 1. Schema de principiu a unei linii de interconexiune.

Repartiţia puterii active între cele două centrale se face acţionând asupra regulatoarelor de viteză ale motoarelor primare ; repartiţia puterii reactive se face variind excitaţia alternatoarelor. Construind diagrama de funcţionare a liniei res-

pective (fig. 2), se vede că, pentru a se putea face să circule între M şi N un curent total $\overline{I}$ de componentă activă I_p şi componentă reactivă I_Q, trebue să existe între tensiunile $\overline{U}_1$ şi $\overline{U}_2$ o anumită cădere de tensiune ale cărei component

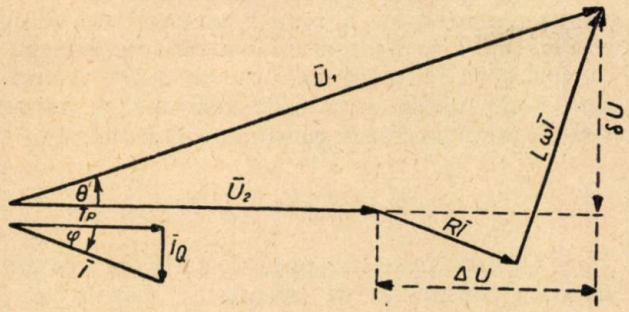


Fig. 2. Diagrama căderilor de tensiune în reţeaua din fig. 1

dealungul celor două componente ale curentul sunt :

$$\Delta U = RI_p + L\omega I_Q \qquad (1)$$

dealungul componentei I_p

$$\delta U = L\omega I_p - RI_Q \qquad (2)$$

dealungul componentei I_Q.

Cum nu avem decât o singură relaţie între componentele celor trei mărimi, rezultă că avem numai două variabile independente, a treia fiind funcţie de acestea două, ceeace confirmă afirmaţia de mai sus.

In cazul când căderea de tensiune este foarte mică, atunci ΔU reprezintă diferenţa scalară între tensiunile la plecare şi la sosire, iar δU reprezintă defazajul între aceste tensiuni.

Rezultă dar că, *puterea activă*, *puterea reactivă* şi *căderea de tensiune* sunt trei mărimi dependente una de alta. Este deci imposibil a le modifica independent unele de altele fără vreun artificiu auxiliar : dacă, spre exemplu, se doreşte a se transmite o anumită putere activă cu o anumită cădere de tensiune pe linie, puterea reactivă ce se transportă pe linie nu mai poate fi controlată ; mărimea ei se fixează automat în funcţie de celelalte două elemente. Deasemenea, dacă se doreşte a se transmite simultan o anumită cantitate de putere activă şi reactivă, atunci nu se mai poate stăpâni căderea de tensiune în linie.

Problema reglajului tensiunii are astfel mai multe aspecte :

a) Se urmăreşte a se ţine constantă tensiunea U_2 la sosire (la utilizare), atunci la plecare (la centrală), tensiunea U_1 va trebui să acopere în permanenţă căderile de tensiune pe linie, fiind astfel mereu variabilă în funcţie de sarcina reţelei.

b) Dacă se caută a se menţine constante, atât tensiunea U_2 la sosire cât şi tensiunea U_1 la plecare pentru orice putere activă $P_2 = U_2 I_Q$ şi orice putere reactivă $Q_2 = U_2 I_Q$ transportată dela M la N sau invers, este necesar a se compensa căderea de tensiune pe linie cu ajutorul unor aparate speciale, instalate la una din extremităţile liniei sau chiar la amândouă.

Această soluţie implică vehicularea energiei reactive dealungul liniei, într'un sens sau altul, după necesităţile consumatorilor.

c) Dacă se renunţă la transportarea energiei reactive, în total sau în parte, anularea căderii de tensiune se poate face prin producerea la sosire, chiar la locul de consum a puterii reactive necesare, funcţiune de puterea activă P_2.

Această putere reactivă va fi produsă în centrala N, fie de alternatorii acestei centrale, dacă au fost dimensionaţi în consecinţă, fie de maşini rotative sau aparate statice montate în *derivaţie* pe reţea.

d) Dintre cei doi termeni ai relaţiei (1), care dau căderea de tensiune, cel mai important este cel datorit reactanţei liniei. Rezultă dar că, pentru a micşora căderea de tensiune pe linie este necesar a se anula, printr'un mijloc oarecare, reactanţa liniei, ceeace se poate obţine legând în *serie* pe linie condensatori statici.

Acest rezultat se poate obţine şi cu ajutorul maşinilor rotative, legate în *serie* — survoltori — care să producă o forţă electromotoare egală şi opusă căderii de tensiune.

Alegerea sistemului de reglaj a tensiunii depinde de importanţa tehnico-economică a sistemului energetic respectiv în raport cu care se stabileşte gradul de reglaj ce se urmăreşte a se obţine pentru orice regim de funcţionare.

După cum s'a arătat la început, condiţiile de calitate ale unei furnituri de energie electrică, depind de limitele de variaţie ale tensiunii la barele distribuitoare de energie şi care nu trebue să fie depăşite în caz de funcţionare normală a sistemului.

Depăşirea limitelor de variaţie a tensiunii apare la scoaterea din circuit a liniilor, la scoaterea din funcţiune a generatoarelor din centrală, a transformatoarelor din substaţii, etc. Aceste situaţii apar în general în caz de avarii.

Alegerea sistemelor de reglaj a tensiunii trebue deci făcută examinându-se atât regimurile de funcţionare normală cât şi acelea de funcţionare anormală.

In examinarea situaţiilor de funcţionare anormală nu trebue pornit dela ipoteza unor defecte simultane, a cărei probabilitate este destul de redusă şi care ar conduce la nişte instalaţii de reglaj foarte costisitoare care în cea mai mare parte nu sunt necesare.

Din punct de vedere economic, este mai avantajos a se admite, în mod temporar, pentru unii consumatori de o importanţă secundară, o înrăutăţire a calităţii energiei electrice ; această situaţie durează în general numai câteva ore, până la remedierea defectului în reţea, în centrală, etc. Trebue observat că înrăutăţirea calităţii energiei electrice nu are ca consecinţă nici oprirea fabricilor sau uzinelor şi nici desorganizarea vieţii urbane.

REGLAREA TENSIUNII PRIN REDISTRIBUIREA PUTERII REACTIVE

Puterea reactivă de compensat. Reluând expresia (1) a căderii de tensiune, care se poate pune sub forma :

$$\Delta U = \frac{RP_2 + L\omega Q_2}{U_2} \qquad (3)$$

se vede imediat că, modificând valoarea puterii reactive în rețea se poate modifica și valcarea căderii de tensiune în rețea și deci se poate regla tensiunea la consumator.

Această cădere de tensiune poate fi anulată dacă se produce *la sosire* (la consumator) o putere reactivă egală cu

$$Q_2 = -\frac{R}{L\omega} P_2 \qquad (4)$$

care este funcție deci de putere activă ce se transmite și depinde în cazul simplu pe care l-am considerat al unei linii perfecte, de constantele acestei linii.

Rezultă dar că, redistribuind sarcinile reactive în rețea, se poate compensa total sau parțial, după voe, căderea de tensiune în rețea și deci se poate obține o reglare a tensiunii la consumator în orice limite voite.

Este evident că, o asemenea compensare nu se poate face decât cu cheltuială și deci, alegerea mijloacelor de compensare sau a cantității de compensat depind de condițiile economice în care trebue făcută transmiterea de energie.

Mijloacele de compensare a căderii de tensiune prin redistribuirea puterii reactive se pot împărți în trei mari categorii :

a) compensarea prin redistribuirea sarcinei reactive între centralele electrice care o produc ;

b) producerea energiei reactive necesară compensării prin mașini rotative sincrone ;

c) producerea acestei energii cu ajutorul condensatoarelor statice.

a) *Compensarea căderii de tensiune prin redistribuirea sarcinei reactive între centralele electrice care o produc.* Dacă se consideră sistemul simplu din fig. 1, cu două centrale la cele două extremități ale liniei de transport, este evident că, încărcându-se centrala N cu toată puterea reactivă, descărcându-se în același timp centrala M, tensiunea U_2 va crește.

Acest lucru este posibil însă numai dacă cele două centrale posedă rezerve mari de putere reactivă în mașinile lor. In adevăr, după Glazunov, în cazul a două centrale interconectate printr'o linie de 110 kV și 60 km lungime, pentru a ridica tensiunea pe barele de 110 kV a centralei N numai cu 5% este necesar, în această centrală, un spor de putere reactivă de 25 MVAR.

In realitate, sistemele energetice sunt mult mai complexe și puterile reactive de rezervă necesare sunt mult mai mari. In general, o asemenea rezervă de putere reactivă în alternatoarele centralelor electrice nu există și în consecință acest mod de reglaj al tensiunii prin redistribuirea puterii reactive între centrale nu poate fi realizată în mod curent. Acest mod de reglaj va constitui deci un mijloc auxiliar și va fi utilizat numai atunci când mijloacele normale nu sunt suficiente sau în cazul când în momentul reglajului, situația în rețea este astfel că puterea reactivă de compensat este suficient de mică.

b) *Compensatoarele sincrone.* In loc de a cere generatoarelor normale să producă energia reactivă de compensat, aceasta poate fi produsă, la locul de consumare de către generatoarele speciale. Printre acestea, unul dintre cele mai folosite este *compensatorul sincron*, care nu este altceva decât un motor sincron funcționând supraexcitat. Se știe că în acest caz motorul sincron este un generator de putere reactivă.

Puterea necesară a unui compensator sincron se determină ținându-se seama că acesta trebue să furnizeze în afară de puterea reactivă necesară compensării căderii de tensiune și totalitatea puterii necesare consumatorilor, adică :

$$Q_c = \frac{R}{L\omega} P_2 + Q_2,$$

P_2 și Q_2 fiind respectiv puterea activă și reactivă maximă consumată de rețeaua de distribuție.

In scopul de a reduce puterea maximă a compensatoarelor, se adoptă uneori o tensiune constantă la plecare, diferită de tensiunea la sosire și se menține constantă această cădere de tensiune, compensată odată pentru totdeauna prin raportul de transformare al transformatoarelor situate la sosire.

Astfel, în cazul unei linii perfecte, la care influența capacității și conductanței este neglijabilă, funcționarea cu o cădere de tensiune ΔU constantă, conduce la *absorbirea* la mersul în gol a unei puteri reactive Q_s astfel ca

$$Q_s \frac{L\omega}{U} = \Delta U$$

și a *produce* la mersul în plină sarcină, puterea cerută de rețea fiind $(P_2 + jQ_2)$, a unei puteri reactive Q_c astfel ca :

$$\frac{1}{U}[RP_2 + L\omega(Q_2 - Q_c)] = \Delta U$$

de unde rezultă :

$$Q_c = \frac{1}{k+1}\left(\frac{R}{L\omega} P_2 + Q_2\right)$$

în care $k = \frac{Q_s}{Q_c}$ reprezintă raportul dintre puterea reactivă maximă *absorbită* la mersul în gol și aceea *produsă* la mersul în plină sarcină.

Trebue observat că un sistem de transmitere de energie funcționând cu o cădere de tensiune constantă nu este reversibil și nu trebue folosit decât atunci când energia electrică este transmisă mereu numai în aceeași direcție.

Compensatoarele sincrone se construesc pentru aceleași tensiuni ca și generatoarele sincrone și pentru puteri de același ordin de mărime. Astfel, în U.R.S.S. au fost standardizate (GOST—609-41) compensatoare pentru puteri variind între 1 MVAR și 50 MVAR și pentru tensiuni între 400 și 11 000 V.

Pierderile în plină sarcină a compensatoarelor de construcție curentă sunt de ordinul de 2% ; dacă se adoptă pentru acest tip de mașină (unitățile mari), răcirea cu hidrogen, pierderile prin ventilație se reduc considerabil și pierderile totale pot ajunge la maximum 1%.

Efectul maxim, din punct de vedere al modificării puterii reactive care circulă în reţea, se obţine dacă compensatoarele sincrone sunt aşezate în apropierea locurilor de consum a puterii reactive. Instalarea compensatoarelor în centrale nu are nici un efect asupra puterii reactive care circulă prin reţea şi în consecinţă, nu are niciun sens.

Reglarea tensiunii în reţea prin variaţia sarcinii reactive la consumator se realizează prin reglarea excitaţiei compensatoarelor sincrone aşezate corespunzător în reţea. Folosind compensatoare cu o putere suficientă, reglarea puterilor reactive va permite menţinerea la extremitatea de sosire a reţelei de transport, la utilizare, o tensiune constantă, independentă de sarcina reţelei.

c) *Condensatoare statice şi bobine de reactanţă.* Un condensator static este un generator de putere reactivă, el absorbind dela reţea un curent decalat cu 90° înaintea tensiunii. In consecinţă, pentru reglarea tensiunii se pot folosi baterii de condensatoare, legate în stea sau în triunghi, pe reţea la punctul de utilizare.

Dat fiind că ele sunt numai generatoare de putere reactivă, cu ajutorul condensatoarelor statice nu se poate realiza decât mărirea tensiunii în reţea. Pentru a se regla tensiunea, bateriile de condensatoare se împart în grupuri care pot fi conectate sau deconectate dela reţea independent unele de altele.

Pierderile de putere activă în dielectricul condensatoarelor sunt foarte reduse şi nu reprezintă decât circa 0,2...0,6% din puterea lor reactivă, cam de 10 ori mai puţin decât pierderile corespunzătoare ale compensatoarelor sincrone.

Condensatoarele se pot construi pentru orice tensiune de serviciu, ceeace constitue un mare avantaj al lor.

In cazul liniilor de foarte mare tensiune, peste 110 kV, este necesar uneori a se absorbi puterea reactivă din reţele, deci a mări puterea reactivă ce trece prin reţea. Pentru aceasta, se folosesc inductanţe (reactori) montate în stea pe reţea. Faţă de compensatoarele sincrone, care în acest caz ar trebui să funcţioneze subexcitate, inductanţele au avantajul de a fi mai ieftine, de a nu da pierderi constante la toate sarcinile reţelei şi de a nu necesita niciun fel de supraveghere.

Inductanţele sunt construite din conducte de secţiune mare, astfel ca pierderile de putere activă să fie neînsemnate : ele reprezintă, ca şi în cazul condensatoarelor statice, fracţiuni de procente din puterea reactivă consumată de ei.

Utilizarea inductanţelor pentru reglarea tensiunii este extrem de limitată. In general, în reţelele electrice este necesară o mărire a tensiunii şi nu o reducere a ei. In afară de aceasta, inductanţele măresc puterea care trece prin reţea, provocând pierderi de energie activă, ceeace nu este economic. In practica construcţiei de reţele electrice, sunt cunoscute puţine cazuri în care se folosesc inductanţele pentru reglajul tensiunii. Dimensionarea acestora se face astfel că tensiunea la capătul liniei să nu depăşească o valoare compatibilă cu funcţionarea în deplină siguranţă a aparatajului folosit.

Compensatoarele statice sau rotative au fiecare avantaje şi desavantaje. Alegerea unui sistem sau al celuilalt depinde de o serie întreagă de condiţii tehnice şi economice care trebue a fi bine cântărite atunci când urmează a se hotărî asupra sistemului celui mai potrivit de reglaj al tensiunii prin redistribuirea puterii reactive.

d) *Reglajul automat al compensatoarelor.* Oricare ar fi sistemul de compensare, static sau rotativ, reglajul lor trebue încredinţat unor aparate statice capabile să ajusteze în fiecare moment puterea reactivă debitată sau absorbită astfel ca tensiunea la punctul de reglaj, să se menţină constantă. Metoda cea mai simplă constă în a prevedea în fiecare staţie de compensare un indicator de tensiune şi de a-l face să acţioneze

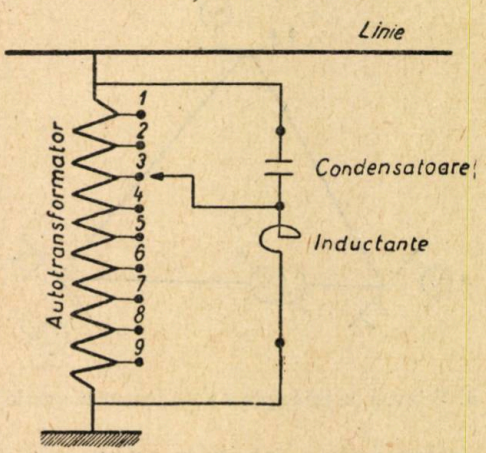


Fig. 3. Dispozitiv de reglare a tensiunii cu ajutorul unui sistem de capacităţi şi inductanţe.

în sensul măririi sau reducerii puterii reactive debitată atunci când tensiunea se îndepărtează de valoarea sa normală.

In cazul compensatoarelor sincrone, releul indicator este un indicator de tensiune de tipul normal, acţionând asupra curentului de excitaţie. In cazul compensatoarelor statice, releul va acţiona asupra dispozitivelor de conectare a diverselor fracţiuni ale bateriei de condensatoare sau inductanţe.

Pentru a avea posibilitatea reglării tensiunii în ambele sensuri cu ajutorul aparatelor statice, se combină uneori inductanţe şi condensatoare, introducerea lor în reţea făcându-se fie fiecare în parte, fie amândouă împreună, după necesităţi.

O schemă de montaj foarte interesantă, cu ajutorul unui autotransformator, este dată de Glazunov (fig. 3) şi a cărui funcţionare se vede uşor.

PROBLEMA REGLAJULUI TENSIUNII IN SISTEME ENERGETICE COMPLEXE

Metodele de reglaj a tensiunii, expuse mai sus, se aplică oricărui sistem energetic, la care diferitele centrale şi utilizări sunt legate în *serie* pe barele respective, sau arborescente. In acest caz, fiecare pereche adiacentă de centrale formează un sistem simplu analog cu acela studiat mai înainte. Diagrama tensiunilor sistemului se

stabileşte uşor, din aproape în aproape. Reglajul tensiunii în sistem se face fixându-se tensiunea la barele fiecărei centrale şi reglându-se în mod convenabil puterile reactive produse sau absorbite în fiecare punct al reţelei; repartiţia puterilor active între diversele centrale se obţine acţionând asupra admisiei motoarelor primare corespunzătoare. Acest reglaj are ca consecinţă apariţia unor unghiuri de decalaj θ_{AB}, θ_{BC}, ... între diversele tensiuni $\overline{U}_A$, $\overline{U}_B$, $\overline{U}_C$, ...; atât timp cât sistemul formează un circuit deschis, suma acestor unghiuri poate creşte indefinit sistemul rămânând stabil, cu condiţia ca niciunul din aceste unghiuri să nu depăşească 90°.

Problema se complică însă deîndată ce sistemul este buclat (fig. 4). Şi în acest sistem se poate

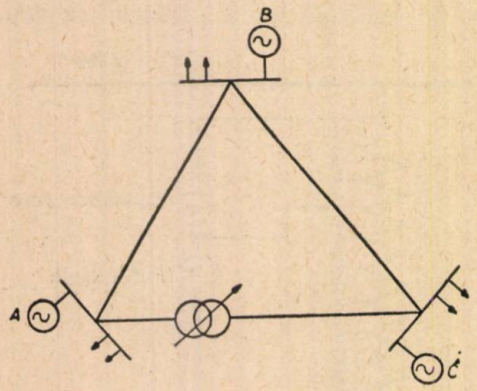


Fig. 4. Schema de principiu a unui sistem energetic buclat.

face o repartizare a sarcinilor active prin simpla acţionare a admisiei motoarelor primare; însă, în ceeace priveşte circulaţia curenţilor în bucla de interconexiune, nu se poate avea niciun fel de control asupra acesteia. In adevăr, înainte de a închide întrerupătorul liniei de legătură între centralele A şi B, tensiunile $\overline{U}_A$ şi $\overline{U}_C$ ale acestor centrale sunt diferite ele având un defasaj diferit, chiar dacă modulul lor este acelaşi; pentruca aceste tensiuni să fie identice, este necesar ca reţeaua să funcţioneze în gol.

Componentele, activă şi reactivă, ale curentului de circulaţie în buclă, se deduc din relaţiile (1) şi (2) ale componentelor căderii de tensiune. Se găseşte:

$$I_p = \frac{\delta U + \frac{R}{L\omega}\Delta U}{L\omega\left[1+\left(\frac{R}{L\omega}\right)^2\right]} \text{ şi } I_Q = \frac{\Delta U - \frac{R}{L\omega}\delta U}{L\omega\left[1+\left(\frac{R}{L\omega}\right)^2\right]}$$

în care R şi $L\omega$ sunt rezistenţa şi reactanţa totală a liniei, ΔU componenta căderii de tensiune în faza cu $\overline{U}_A$, iar δU componenta în cuadratură cu aceasta. Dat fiind că la liniile aeriene rezistenţa este în general mult mai mică decât reactanţa lor, rezultă că, în acest caz, componenta activă a curentului de circulaţie este determinată în special de δU, iar componenta reactivă de ΔU.

Efectul acestui curent de circulaţie are în primul rând rolul de a mări pierderile în linie, provocând chiar o supraîncărcare a acestora. Prejudiciul cel mai mare însă îl constitue faptul că este imposibil să se regleze simultan schimbul de sarcini între cele trei centrale: astfel, dacă se fixează regimul de schimb de energie activă între centralele A şi B se va putea regla, prin acţionarea admisiilor maşinilor motrice ale centralei C, energia activă pe care această centrală o va prelua din reţeaua comună, însă nu se va putea repartiza această energie între cele două centrale A şi B.

Introducerea în buclă a unui transformator static cu raportul de transformare variabil dă posibilitatea introducerii unei forţe electromotoare adiţionale, pozitivă sau negativă, dar care este *în fază* cu tensiunea reţelei şi care deci nu va modifica decât componenta ΔU a căderii de tensiune, adică numai componenta reactivă I_Q a curentului de circulaţie; acest transformator nu va permite reglajul circulaţiei puterii active decât într'o foarte mică limită.

Pentru a se putea acţiona asupra componentei active a acestui curent este necesar a se introduce în buclă o tenslune în *cuadratură* cu tensiunea reţelei, adică în fază cu componenta δU a căderii de tensiune. Cu această forţă electromotoare, pozitivă sau negativă, se va putea varia în limite largi componenta activă a curentului I_p, influenţa asupra componentei reactive I_Q fiind cu atât mai mică, cu cât raportul $\frac{R}{L\omega}$ este mai mic.

Obţinerea acestui fel de reglaj se poate face cu ajutorul regulatoarelor de inducţie duble care nu mai introduc niciun fel de decalaj suplimentar în reţea şi permit obţinerea de forţe electromotoare atât în fază cât şi în cuadratură cu tensiunea reţelei, prin simpla legare în serie sau în opoziţie a înfăşurărilor celor două elemente. Combinarea mai multor asemenea regulatoare de inducţie dă posibilitatea reglajului simultan al componentelor în fază şi în cuadratură. Unul din montajele folosite constă în a lega *în serie* două regulatoare de inducţie polifazate: primul va produce o tensiune adiţională reprezentată prin vectorul AB, raza cercului C_1 cu centrul în punctul fix A (fig. 5);

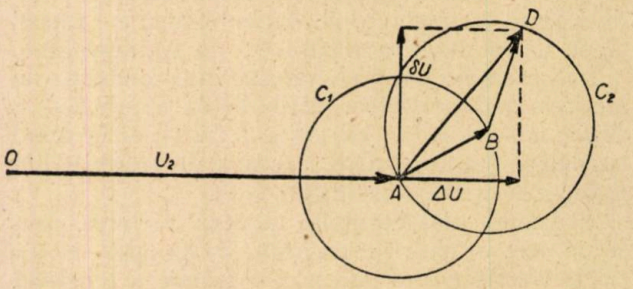


Fig. 5. Diagrama tensiunilor a două regulatoare de inducţie în serie, tensiunea reglată fiind variabilă în amplitudine şi fază.

tensiunea produsă de cel de-al doilea regulator se deplasează pe un al doilea cerc C_2, de rază constantă, însă al cărui centru se deplasează pe cercul C_1 atunci când se variază unghiul de de-

calaj al primului regulator. Tensiunea rezultantă AD va da componentele ΔU şi δU, în fază şi în cudratură cu tensiunea reţelei şi care pot fi fixate la o valoare oarecare, independent una de alta.

Marele avantaj al regulatoarelor de inducţie constă în faptul că reglajul tensiunii se face în mod continuu.

Desavantajul lor este că nu se pot construi decât pentru puteri relativ mici, până la 2500 kVA (vezi Riabcov pag. 226) şi pentru tensiuni deasemenea mici, până la 11 kV. Pentru tensiuni mai mari este necesar a se folosi transformatoare pentru racordarea la reţea a acestor regulatoare.

In aceste condiţii însă, instalaţia devine foarte costisitoare şi s'a căutat a se realiza direct transformatoare, cu reglaj variabil sub sarcină, care să dea aceleaşi rezultate ca şi regulatoarele de inducţie.

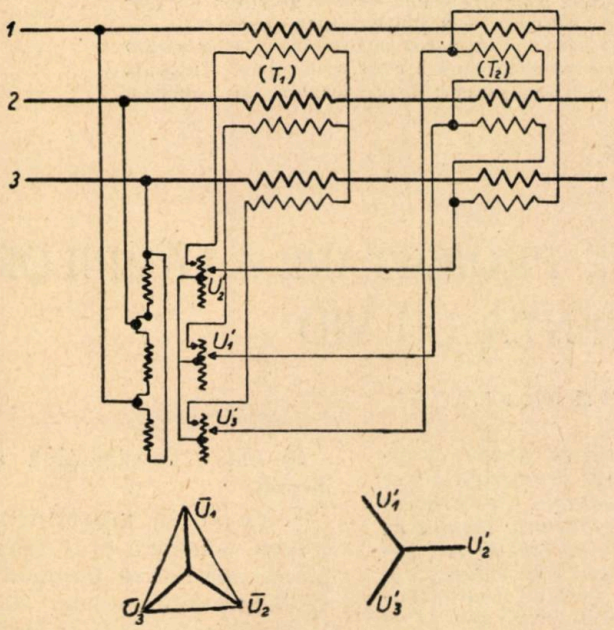


Fig. 6. Schema de principiu a unui transformator de reglaj permiţând producerea componentelor în fază şi în cuadratură a căderii de tensiune.

In fig. 6 se dă schema de principiu a unui transformator care permite reglajul independent şi simultan al celor două tensiuni adiţionale, în fază şi în cuadratură. Transformatorul de reglaj propriu zis cuprinde o înfăşurare primară legată în triunghi şi alimentată în derivaţie pe linie cu tensiunile $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, şi $\bar{U}_3$. Secundarul acestui transformator este legat în stea, punctul neutru al stelei fiind format de mijloacele înfăşurărilor secundare; cu ajutorul prizelor reglabile, se poate lua de pe aceste înfăşurări trei tensiuni stelate $\bar{U}_1'$, $\bar{U}_2'$, $\bar{U}_3'$, pozitive sau negative, în fază respectiv cu tensiunile compuse $(\bar{U}_1-\bar{U}_2)$, $(\bar{U}_2-\bar{U}_3)$, $(\bar{U}_3-\bar{U}_1)$.

In serie, în linie, sunt legate înfăşurările secundare a două transformatoare: primul T_1 este destinat să injecteze în linie o tensiune defazată cu 90^0, al doilea T_2 o tensiune de fază nulă. Infăşurările primare ale transformatorului T_1, legate în stea, sunt conectate la prizele variabile ale transformatorului de reglaj, astfel ca faza 1 să fie alimentată de o tensiune $\bar{U}'_2$ proporţională cu $(\bar{U}_2-\bar{U}_3)$ şi deci în cuadratură cu $\bar{U}_1$, faza 2 prin o tensiune $\bar{U}_3'$ proporţională cu $(\bar{U}_3-\bar{U}_1)$ în cuadratură cu $\bar{U}_2$ şi faza 3 prin o tensiune $\bar{U}_1'$ proporţională cu $(\bar{U}_1-\bar{U}_2)$ în cuadratură cu $\bar{U}_3$. Infăşurările primare ale transformatorului T_2 sunt legate în triunghiu şi alimentate dela o altă serie de prize reglabile ale transformatorului de reglaj, astfel încât tensiunile $\bar{U}_1''$, $\bar{U}_2''$ şi $\bar{U}_3''$ să fie în fază respectiv cu $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$ şi $\bar{U}_3$.

* * *

In afară de reglajul acesta, care se face în însăşi bucla de conexiune a sistemului energetic, se poate regla tensiunea la consumator, instalându-se la punctele de racordare a reţelelor de distribuţie transformatoare reglabile sub sarcina care, independent de reţeaua primară de transport, vor asigura o tensiune constantă, în limitele admise, a tensiunii de distribuţie.

Această reglare se poate face *centralizat* sau *local*. Sistemul centralizat de reglare a tensiunii constă în a efectua reglajul tensiunii într'un singur punct al reţelei, numit postul de control al reţelei. Acest post se alege astfel ca tensiunea la barele sale să caracterizeze cât mai bine variaţiile de tensiune în reţea.

Sistemul local constă în a instala transformatoare reglabile chiar la consumatorii din reţea.

Sistemul centralizat de reglare a tensiunii este mai economic deoarece cheltuelile de investiţii sunt mai mici decât în sistemul local de reglare a tensiunii. Limitarea utilizării sistemului central de reglare a tensiunii poate fi datorată variaţiilor mai mari de tensiune la diverşii consumatori, ca o consecinţă a deosebirii dintre diversele regimuri de funcţionare a reţelei.

Reglarea tensiunii în sistemele energetice complexe se poate face şi cu ajutorul condensatoarelor statice, montate în derivaţie sau în serie, sau cu compensatoarele rotative, sincrone.

Alegerea din punct de vedere economic a soluţiei celei mai potrivite de reglaj a tensiunii este determinată nu numai de condiţiile de investiţie, dar mai ales de condiţiile de exploatare şi anume de condiţiile de reglare a tensiunii.

O soluţie raţională din punct de vedere economic se obţine în general prin combinarea reglajelor cu transformatoare reglabile şi condensatoare statice.

CONCLUZII

Alegerea metodelor de reglaj a tensiunii trebue să se bazeze pe studii serioase tehnico-economice, care permit să se aprecieze la justa lor valoare avantajele fiecărui sistem în parte în raport cu situaţia locală şi generală a sistemului.

O alegere întâmplătoare a metodei de reglaj a tensiunii poate antrena cheltueli suplimentare importante, fie de investiţii, la construirea reţelei, fie de exploatare. La baza alegerii sistemului de reglaj, trebue să stea evaluarea cheltuielilor de exploatare, care trebue să fie minime.

Utilizarea corectă a dispozitivelor de reglare a tensiunii permite nu numai menţinerea tensiunii necesară în reţea, dar în unele cazuri, se pot reduce cheltuelile de exploatare şi uneori chiar costul de investiţii al reţelei.

Dispozitivele pentru reglarea tensiunii se pot introduce şi în reţelele existente. De exemplu, prin instalarea de condensatoare statice într'o reţea a cărei capacitate de transport este limitată de variaţiile admisibile de tensiune sau de pierderile de energie, se va da posibilitatea de a se transmite o putere activă mai mare. Se vor putea racorda astfel noi consumatori, sau se va putea mări puterea instalată a celor existenţi.

Bibliografie.

Fallou J.: Reţelele de transmitere de energie. Paris 1935.
Glazunov A. A.: Reţelele sistemelor electrice. Editura Tehnică, Bucureşti 1951.
Riabcov A. I.: Reţele electrice. Editura Tehnică, Bucureşti, 1951.
Soloviev I. I.: Automatizarea sistemelor energetice. Gosenergoizdat, Moscova, 1950.
Zaleschi A. M.: Transportul energiei electrice. Editura Tehnică, Bucureşti 1951.

★

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПУТЕМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Резюме

Одной из важнейших проблем в эксплоатации энергетических систем является поддержание напряжения — либо постоянного либо переменного — в допускаемых пределах.
Из всех систем, которые используются для этой цели, автор подвергает исследованию самую распространенную, а именно систему перераспределения в сети реактивной энергии.
Указываются теоретические принципы и даются примеры практического выполнения.

★

STABILIREA FORMULELOR DE PROIECTARE A LĂMPILOR CU INCANDESCENŢĂ CU VID

Dr. R. GRIGOROVICI şi Ing. AL. ROTH

Se trec în revistă parametrii lămpii cu incandescenţă, precizându-se dependenţa dintre ei şi domeniul lor de variaţie. Se stabilesc formule de dimensionare pentru lămpile cu incandescenţă cu vid, ţinând cont de toţi parametrii lămpii: diametrul filamentului, lungimea lui, temperatura, durata, calitatea filamentului, felul spiralizării, etc. Se arată apoi verificarea formulelor stabilite de autori, prin compararea curbelor calculate pe baza formulelor cu valorile găsite experimental.

Datele constructive folosite la fabricarea lămpilor normale cu incandescenţă sunt obţinute prin numeroase încercări efectuate la elaborarea fiecărui timp de lampă.

Pe baza acestor date s'au trasat diagrame pentru interpolare şi s'au stabilit unele formule empirice, valabile însă numai pentru anumite tipuri de lămpi şi numai în anumite cazuri.

Formule de proiectare stabilite pe bază ştiinţifică nu se găsesc în literatura tehnică.

Pentru a completa golul ce se resimte în acest domeniu, ne-am propus să stabilim, pe baza legilor fizice, formule generale, valabile pentru întreg domeniul lămpilor cu incandescenţă, care să exprime legăturile funcţionale dintre toţi parametrii unei lămpi.

Articolul de faţă conţine deducerea formulelor generale de proiectare stabilite de noi pentru lămpile cu incandescenţă cu vid.

I. DATELE CUNOSCUTE

La proiectarea unei lămpi cu incandescenţă se consideră în general drept impuse:

1) caracteristicile electrice ale lămpii;
2) durata medie;
3) clasa constructivă a lămpii.

1. Se dă în general tensiunea nominală U a lămpii şi puterea sa nominală W. Câteodată — mai ales la lămpi speciale — în locul puterii se dă intensitatea nominală a curentului I. In orice caz pentru proiectarea lămpii este necesar să fie date două din aceste caracteristici electrice.

2. *Durata* care se cere unei lămpi cu incandescenţă rezultă din calcule economice sau este fixată de modul ei de întrebuinţare (accesibilitatea locului unde este montată lampa, felul alimentării, etc.).

In cazuri cu totul speciale (de exemplu lămpi pentru proiecţie) elementul cunoscut este eficacitatea luminoasă, şi nu durata; în general însă durata constitue elementul cunoscut, iar eficacitatea luminoasă rezultă ca o caracteristică de calitate a lămpii.

Prin durata D a unei lămpi cu incandescenţă se înţelege intervalul de timp de funcţionare (exprimat în general în ore) dintre prima aprindere până la distrugerea lămpii prin „arderea filamentului". Arderea filamentului — întreruperea lui într'un punct oarecare — se produce

datorită evaporării wolframului din filament, astfel încât durata lămpii este determinată de viteza de evaporare şi de defectele filamentului sau ale spiralei. (Nu ţinem seama aici de arderea accidentală a lămpilor prin spargerea sticlei, supratensionare etc.).

Dacă filamentul incandescent al unei lămpi ar avea caracteristici dimensionale şi calitative absolut uniforme pe toată lungimea sa, suprafaţa filamentului s'ar micşora în timpul funcţionării, tinzând asimptotic spre zero. Energia absorbită variind — la tensiune constantă — proporţional cu secţiunea filamentului, scăderea uniformă a grosimii filamentului pe toată lungimea sa implică scăderea temperaturii şi a vitezei de evaporare în tot timpul vieţii lămpii. De aici rezultă că un filament (spirală) perfect uniform pe toată lungimea sa, ar trebui să funcţioneze până foarte aproape de completa sa evaporare, dând un flux luminos din ce în ce mai scăzut.

Evaporarea nu se petrece însă uniform în tot lungul filamentului, deoarece, în locurile unde filamentul este mai subţire sau are alte caracteristici electrice sau de radiaţie, există temperaturi mai ridicate decât în restul filamentului. Acestea sunt locurile în care filamentul se va arde.

Deşi neomogenităţile filamentului de wolfram sunt relativ mici, practica arată că cele mai perfecte lămpi cu incandescenţă „se ard" după o evaporare de numai câteva procente din greutatea filamentului lor. Pierderea de greutate în cursul duratei lămpii, cunoscută sub denumirea de „pierdere mortală", este de numai 15—20% la lămpile cu incandescenţă cu vid cu spirală de cea mai bună calitate [1].

Notând cu g_m raportul dintre greutatea finală a filamentului (la sfârşitul duratei D) şi cea iniţială, rezultă că pentru lămpile cu vid de cea mai bună calitate

$$g_m = 0{,}80 \ldots 0{,}85,$$

iar raportul f dintre diametrul final al filamentului şi cel iniţial este:

$$f = \sqrt{g_m} = 0{,}90 \ldots 0{,}92.$$

După cum se va vedea la Cap. III, 1, pierderile mortale cresc cu creşterea temperaturii filamentului, cu creşterea raportului dintre diametrul filamentului în porţiunea defectă şi diametrul mediu al filamentului, precum şi cu mărimea neregularităţilor de pas (în cazul filamentelor spiralizate).

Raportul f nu este deci o caracteristică independentă a filamentului. Calitatea filamentului poate fi însă exprimată prin raportul n dintre diametrul porţiunii defecte şi cel normal, raport care este independent de condiţiile de funcţionare ale filamentului. Mai generalizat, calitatea unei spirale poate fi exprimată printr'un raport n_{echiv}, care include atât raportul n, cât şi neregularităţile pasului spiralei.

3. *Clasa constructivă* a lămpii defineşte dacă filamentul este sau nu spiralizat, felul spiralizării precum şi felul de montare a filamentului sau spiralei în lampă.

Felul spiralizării se caracterizează prin raportul x dintre diametrul inimii pe care se face spiralizarea şi diametrul d al filamentului, precum şi raportul s dintre pasul spiralei şi diametrul filamentului [2].

Raportul x are de cele mai multe ori valoarea 3—5, determinată de rezistenţa mecanică a filamentului de wolfram adus la incandescenţă, precum şi de limita la care spirele nu se apropie prea mult datorită săgeţii ce o formează spirala între doi susţinători.

Raportul s variază la lămpile normale între 1,3 şi 1,7. Valorile limită $s = 1$ şi $s = 2$ reprezintă cazul în care spirala devine un cilindru, respectiv cazul în care două spirale încep să aibă posibilitatea de a se întrepătrunde când sunt aşezate împreună în timpul depozitării.

Felul de montare al filamentului sau spiralei determină numărul şi felul susţinătorilor. Deoarece în lămpile cu vid nu intervin pierderi de energie prin convecţie, energia primită de lampă este în cea mai mare parte radiată.

Singurele pierderi ce intervin în aceste lămpi sunt datorite conductibilităţii susţinătorilor.

Aceste pierderi le exprimăm prin raportul k dintre energia radiată de filament şi cea primită, raport care are valoarea 0,92—0,93 în cazul lămpilor normale cu vid [3], ajungând însă până la 0,2—0,3 în cazul lămpilor mici de joasă tensiune.

II. DIMENSIONAREA FILAMENTULUI

Cunoscând parametrii enumeraţi în Capitolul I, formulele de proiectare trebue să exprime:

1) diametrul filamentului;

2) lungimea filamentului.

1. *Diametrul filamentului.* Puterea W, exprimată în waţi, radiată în vid de un centimetru pătrat de suprafaţă a unui filament rectiliniu de wolfram la temperatura absolută T, este dată de relaţia:

$$W = 57{,}7 \left(\frac{T}{2\,400}\right)^{4{,}7} = 7{,}485 \cdot 10^{-15} T^{4{,}7} = \sigma' T^{4{,}7}. \tag{1}$$

In cazul unui filament spiralizat, puterea radiată se reduce într'un raport E_n egal cu câtu dintre unghiul solid mediu în care radiaţia emisă de un punct oarecare al filamentului spiralizat întâlneşte o altă porţiune a filamentului şi unghiul solid total 4π, ţinându-se totodată seama de reflexiile repetate ale radiaţiei pe suprafaţa interioară a spiralei [2]:

$$W_{sp} = E_n \cdot \sigma' \cdot T^{4{,}7}. \tag{1'}$$

Valorile lui E_n — calculate din relaţiile (3'), (3'') şi (10) ale lucrării noastre despre efectul curentului alternativ [2] — pentru diferite valori uzuale ale lui x şi s sunt redate în fig. 1.

Intre rezistivitatea ρ, exprimată în Ω. cm şi temperatura absolută T a wolframului există [4] relaţia:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{1{,}2} = 56{,}7 \cdot 10^{-6} \left(\frac{T}{2\,000}\right)^{1{,}2} = 6{,}20 \cdot 10^{-9} T^{1{,}2} \tag{2}$$

Deoarece numai o fracţiune k din puterea I^2R, exprimată în waţi, primită de filamentul de lungime l şi diametru d, exprimaţi în centimetri,

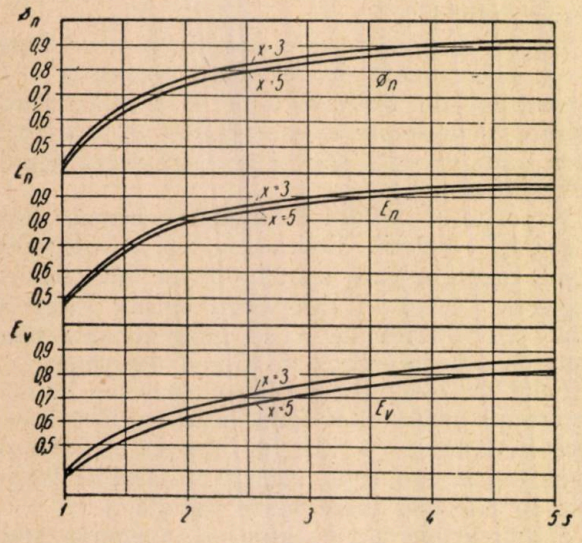


Fig. 1. E_v, E_n şi Φ_n în funcţie de s şi x.

este emisă sub formă de energie radiantă, putem scrie :

$$k \cdot I^2R = 6{,}20 \cdot 10^{-9} k \cdot I^2 T^{1,2} \frac{4l}{\pi d^2} = \\ = 7{,}485 \cdot 10^{-15} E_n T^{4,7} \cdot \pi \cdot d \cdot l \qquad (3)$$

Din (3) rezultă dependenţa dintre diametrul filamentului, intensitatea de curent ce-l străbate şi temperatura absolută a filamentului :

$$d = 69{,}6 \left(\frac{k}{E_n}\right)^{1/3} I^{2/3}\ T^{-1,166}. \qquad (4)$$

2. *Lungimea filamentului.* Scriind relaţia (3) sub forma :

$$k \cdot U \cdot I = 7{,}485 \cdot 10^{-15} E_n \cdot T^{4.7} \cdot \pi \cdot d \cdot l, \qquad (3')$$

se poate elimina d, cu ajutorul ecuaţiei (4), obţinându-se :

$$l = 6{,}137 \cdot 10^{11} \left(\frac{k}{E_n}\right)^{2/3} I^{1/3} \cdot U \cdot T^{-3,54} \qquad (5)$$

care determină lungimea filamentului în funcţie de intensitatea de curent, tensiunea nominală şi temperatura filamentului.

III. TEMPERATURA FILAMENTULUI

Relaţiile (4) şi (5), care determină dimensiunile filamentului, pot fi folosite numai dacă se cunoaşte în afara datelor electrice şi constructive şi temperatura filamentului. Aceasta este determinată la rândul ei de durata impusă lămpii, prin intermediul fenomenelor de evaporare.

1. *Evaporarea filamentului.* Scăderea de greutate a filamentului de wolfram prin evaporare de pe spirală într'un interval de timp Δt, este :

$$\pi \cdot d \cdot l \cdot M_{\sim} \cdot \Delta t = -\Delta\left(\frac{\pi d^2}{4} l \cdot \delta\right), \qquad (6)$$

în care $M_{\sim}$ este viteza de evaporare în curent alternativ [2] exprimată în g/cm²·s, iar δ este greutatea specifică a wolframului (g/cm²).

Această pierdere de greutate duce la subţierea firului.

In timp ce firul de wolfram se subţiază, deci, practic pe toată lungimea sa, dela diametrul iniţial d_0 la diametrul final $d_0' = fd_0$, timpul variază dela 0 la D (durata lămpii).

După separarea variabilelor, relaţia (6) se poate scrie :

$$\int_0^D \mathrm{d}t = D = -\int_{d_0}^{fd_0} \cdot \frac{\delta}{2M_{\sim}}\, \mathrm{d}(d). \qquad (7)$$

Conform celor arătate de noi în articolul despre influenţa curentului alternativ asupra evaporării [2] :

$$M_{\sim} = M_{=}\left(1 + 0{,}85 \frac{A}{k^2 d^2}\right), \qquad (8)$$

în care $M_{=}$ este viteza de evaporare a wolframului în curent continuu, iar

$$A = 1{,}392 \cdot 10^{-32} \frac{1123 - 0{,}314\ T}{(0{,}005 \cdot T - 3)^2}\ T^{7{,}4} \cdot E_n, \qquad (9)$$

k fiind fracţiunea din energia primită care este radiată de filament. $M_{=}$ este dat de relaţia :

$$M_{=} = E_v \cdot B \cdot T^a, \qquad (10)$$

în care E_v este [2] raportul dintre energia radiată de filamentul spiralizat şi cea radiată de un filament nespiralizat (fig. 1),

$$B = 3{,}315 \cdot 10^{11} (e \cdot T_m)^{-\frac{95\,560}{T_m}},$$

iar

$$a = \frac{95\,560}{T_m} - 1,$$

T_m fiind temperatura medie a filamentului, definită mai exact la Cap. IV, 1 al prezentei lucrări (vezi şi [2] b). Ţinând seama de (8) şi (10), relaţia (7) devine :

$$D = -\frac{\delta}{2E_v \cdot B} \int_{d_0}^{fd_0} \frac{T^{-a}}{1 + 0{,}85 \frac{A}{k^2 d^2}}\, \mathrm{d}(d). \qquad (11)$$

Pentru a exprima temperatura T a filamentului în funcţie de diametrul său d, adică variaţia temperaturii filamentului în timpul funcţionării lămpii sub tensiune constantă, scriem că raportul dintre intensitatea curentului I, la un diametru al filamentului egal cu d, şi intensitatea iniţială I_0 a curentului, când filamentul are diametrul iniţial d_0, este :

$$\frac{I}{I_0} = \frac{R_0}{R} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 \frac{\rho_0}{\rho}, \qquad (12)$$

unde R şi R_0, sunt rezistenţele corespunzătoare ale filamentului, iar ρ şi ρ_0, rezistivităţile respective ale materialului.

Inlocuind valoarea raportului $\frac{\rho_0}{\rho}$ din relaţia (2) în (12) obţinem :

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 \left(\frac{T_0}{T}\right)^{1,2}. \qquad (13)$$

Dacă mai scriem că puterea I^2R, consumată de lampă, este proporţională cu puterea radiată de filament, cum rezultă din relaţia (3), obţinem :

$$\frac{I^2R}{I_0^2R_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{4,7} \frac{d}{d_0}$$

sau

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^{1,5} \left(\frac{T}{T_0}\right)^{1,75}. \qquad (14)$$

Din egalarea relaţiilor (13) şi (14) se obţine :

$$T = T_0 \left(\frac{d}{d_0}\right)^{\frac{1}{5,9}}. \qquad (15)$$

Prin înlocuirea valorii lui T din (15) în (11)' ajungem la

$$D = \frac{T_0^{-a} d_0^{\frac{a}{5,9}} \delta}{2E_v . B.} \int_{fd_0}^{d_0} \frac{d^{-\frac{a}{5,9}}}{1+0,85\frac{A}{k^2 d^2}} \, \mathrm{d}(d). \qquad (16)$$

Prin desvoltare în serie şi integrare obţinem :

$$\frac{2E_r \cdot B\ D}{\delta} = T_0^{-a} d_0 \left[\frac{f^{-b}-1}{b} - 0,85\,\frac{A}{k^2}\,\frac{f^{-(b+2)}-1}{b+2}\,\frac{1}{d_0^2} + \right.$$

$$\left. + \left(0,85\,\frac{A}{k^2}\right)^2 \frac{f^{-(b+4)}-1}{b+4}\,\frac{1}{d^4} + \cdots\right],$$

unde $b = \frac{a}{5,9} - 1.$

Pentru intervalul care intervine în practică ($f = 0,90 \ldots 0,96$), seria se aproximează din primii doi termeni şi se poate scrie :

$$D = \frac{\delta T_0^{-a} d_0 \cdot (f^{-b}-1)\left(1 - \frac{0,85}{f}\,\frac{A}{k^2}\,d_0^{-2}\right)}{2E_v \cdot B \cdot b}. \qquad (17)$$

Ordonând relaţia (17) în funcţie de d, obţinem :

$$d_0^2 - \frac{2D.E_v.B.bT_0^a}{\delta\,(f^{-b}-1)}\,d_0 - \frac{0,85}{f}\,\frac{A}{k^2} = 0. \qquad (18)$$

Dintre cele două rădăcini

$$d_{\sim} = \frac{D.E_v.B.b.T^a}{\delta(f^{-b}-1)} \pm \sqrt{\frac{D^2E_v^2B^2.b^2T^{2a}}{\delta^2(f^{-b}-1)^2} + 0,85\,\frac{A}{k^2.f}} \qquad (19)$$

este valabilă numai soluţia cu semnul +. Intr'adevăr, făcând pe $A = 0$ (curent continuu), soluţia cu semnul + devine

$$d_{=} = \frac{2D.E_v.B.bT^a}{\delta\,(f^{-b}-1)}, \qquad (20)$$

în timp ce cea cu semnul — dă soluţia $d = 0$.

Relaţia (19) se poate scrie şi sub forma :

$$d_{\sim} = \frac{d_{=}}{2} + \sqrt{\frac{d_{=}^2}{4} + 0,85\,\frac{A}{k^2 f}}, \qquad (21)$$

în care $d_{\sim}$ reprezintă diametrul filamentului pentru alimentarea lămpii cu curent alternativ, iar $d_{=}$ pentru alimentare cu curent continuu (relaţia (20)).

Eliminând d între expresiile sale rezultate din bilanţul energetic (4) şi din calculul evaporării (19), se obţine relaţia de legătură între I şi T :

$$I^{2/3} = \frac{E_n^{1/3} \cdot E_v D \cdot B \cdot b \cdot T^{a+1,166}}{69,6 \cdot k^{1/3} \cdot \delta \cdot (f^{-b}-1)} +$$

$$+ \sqrt{\left(\frac{E_n^{1/3} \cdot E_v \cdot D \cdot B \cdot b \cdot T^{a+1,166}}{69,6 \cdot k^{1/3} \cdot \delta \cdot (f^{-b}-1)}\right)^2 + \frac{0,85}{69,6^2}\,\frac{E_n^{8/3}}{k^{8/3}}\,\frac{QT^{2,33}}{f}}, \qquad (22)$$

în care

$$Q = \frac{A}{E_n^2}.$$

Pentru rezolvarea problemei ar fi util ca ecuaţia (22) să fie explicitabilă în T, lucru care nu este posibil.

Mai mult, f este şi el funcţie de temperatură, deci, chiar pentru o rezolvare grafică a acestei ecuaţii, este necesar să se înlocuiască f cu raportul n sau n_{echiv} amintit la Cap. I, 2, raport care este independent de temperatură.

2. *Pierderea mortală de greutate.* Eliminând pe T între relaţiile (4) şi (11) şi neglijând efectul curentului alternativ, puţin important în fenomenul variaţiei de temperatură dealungul aceluiaşi filament, variaţia diametrului datorită evaporării este :

$$\int_0^D \mathrm{d}t = K \int_{fd_0}^{d_0} d^{\frac{a}{1,166}} \cdot \mathrm{d}(d), \qquad (23)$$

în care

$$K = \frac{\delta(69,6 \cdot k^{1/3} I^{2/3})^{-\frac{a}{1,166}}}{2E_v \cdot B \cdot E_n^{-a/3,5}}.$$

Considerând că porţiunile normale ale filamentului sunt legate în serie cu cele defecte, deci că sunt străbătute de acelaşi curent I, şi scriind că, în timp ce un loc cu diametrul normal iniţial d_0 devine $d_0' = f.d_0$, un loc cu defect (diametru mai mic d_1) devine $d_1' = md_1$, din (23) rezultă că :

$$\int_0^D \mathrm{d}t = K\,\frac{d_0^c}{c}\,(f^c - 1) = K\,\frac{d_1^c}{c}\,(m^c - 1) \qquad (24)$$

în care

$$c = \frac{a}{1,166} + 1.$$

Valorile lui c, pentru diferite temperaturi, sunt redate în tabela 1.

Tabela 1

$T°K$	c
2100	39,2
2200	37,5
2300	35,8
2400	34,3
2500	32,9
2600	31,7

Notând raportul $\frac{d_1}{d_0}$ cu n (mărimea defectului), relaţia (24) se scrie :

$$\frac{f^c - 1}{m^c - 1} = n^c. \qquad (25)$$

Prin urmare, în cazul unui defect de diametru iniţial egal cu n, în timp ce diametrul normal scade la fracţiunea f din cel iniţial, defectul de diametru ajunge la valoarea mai redusă m.

Scăderea diametrului normal este deci în orice moment :

$$f = [1 + n^c (m^c - 1]^{\frac{1}{c}}. \qquad (26)$$

Pentru momentul ,,arderii'' filamentului, deci pentru $m = 0$, relaţia (26) devine :

$$f = (1 - n^c)^{\frac{1}{c}}. \qquad (27)$$

Curbele din fig. 2 arată numeric legătura dintre f şi n, pentru diverse temperaturi. Trebue remarcat că, într'adevăr, numai cu filamente de cea mai bună calitate, cu defecte de $1-2^0/_{00}$ ($n = 0{,}998 \ldots 0{,}999$) se pot realiza scăderi mortale de diametru de $f = 0{,}90 \ldots 0{,}92$.

In cazul defectelor de spiralizare, în locuri cu spire mai apropiate — provenite fie din neregularităţi de pas, fie din apropierea spirelor datorită formării săgeţii între doi susţinători — există o supraîncălzire a filamentului provocată de micşorarea posibilităţilor de radiaţie în aceste locuri.

Din relaţia (4) rezultă că o variaţie relativă n a diametrului la E_n constant produce aceeaşi variaţie a temperaturii ca şi o variaţie relativă n' a lui E_n pentru d constant, dacă

$$n' = n^3. \qquad (28)$$

Deci într'un loc defectuos în care raportul real de pas al spiralei s' este mai mic decât s — raportul normal de pas al spiralei — radiaţia variază faţă de restul normal al spiraiei in raportul

$$\frac{E_{n'}}{E_n} = n'.$$

Pe baza relaţiei (28) acest defect poate fi considerat drept echivalent cu un defect de diametru

$$n_{echiv} = \sqrt[3]{n'}.$$

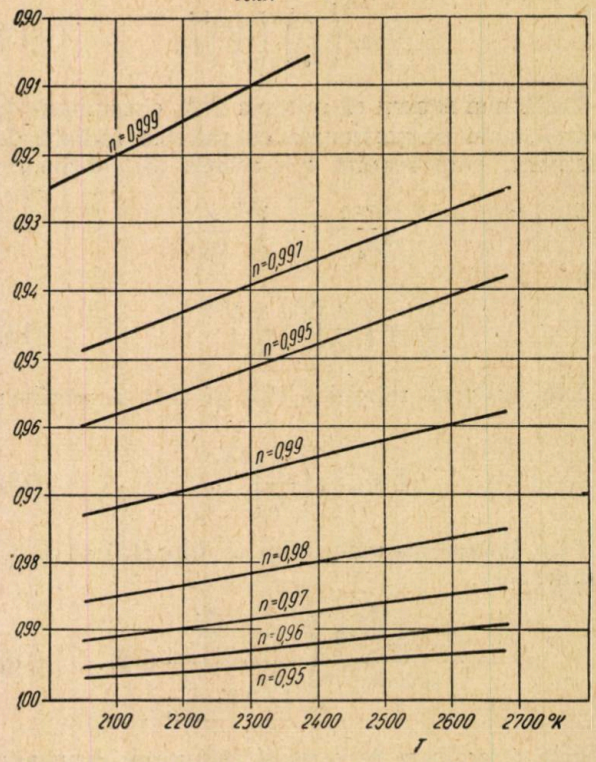


Fig. 2. Raportul f în funcţie de T pentru diferite valori ale lui n.

In tabela 2 sunt redate valorile n_{echiv} pentru diferite scăderi ale raportului de pas (dela s la s') pentru cazul $x = 4$.

Tabela 2

s \ s'	n_{echiv} 2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0
2	1	—	—	—	—	—
1,8	0,98	1	—	—	—	—
1,6	0,96	0,98	1	—	—	—
1,4	0,93	0,95	0,97	1	—	—
1.2	0,89	0,90	0,92	0,95	1	—
1,0	0,83	0,84	0,87	0,90	0,96	1

Dacă într'un loc se suprapune un defect de diametru n şi unul de pas n', formula (27) devine :

$$f = (1 - n_{echiv}^c)^{\frac{1}{c}}, \qquad (29)$$

în care :

$$n_{echiv} = n \cdot \sqrt[3]{n'}.$$

3. *Calculul temperaturii.* Ţinând cont de relaţia (29), relaţia (22) poate fi scrisă :

$$I^{3/3} = \frac{E_n^{1/3} E_v}{139{,}2 \cdot k^{1/3}} D \cdot Y \left(1 + \sqrt{1 + 4\left(\frac{E_n}{E_v}\right)^2 \frac{1}{k^2 D^2} \frac{Y'}{Y^2}}\right), \qquad (30)$$

în care

$$Y = \frac{2}{\delta} \frac{B \cdot b \cdot T^{a+1,166}}{(1-n_e^c)^{-b/c}-1};$$

$$Y' = 0{,}85 \frac{QT^{2,33}}{(1-n_e^c)^{1/c}}.$$

Punând

$$\frac{2}{k \cdot D} \cdot \frac{E_n}{E_v} \cdot \frac{\sqrt{Y'}}{Y} = \operatorname{tg}\varphi, \tag{31}$$

ecuația (30) devine

$$I^{2/3} = \frac{E_n^{1/3} E_v}{139{,}2\, k^{1/3}} DY\left(1 + \sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}\right) =$$

$$= \frac{E^{1/3} \cdot E_v \cdot}{139{,}2\, k^{1/3}} D \cdot Y \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}} \tag{32}$$

unde D este exprimat în secunde.
Exprimând durata în ore și notând.

$$\frac{3600}{139{,}2} \frac{E_n^{1/3} E_v}{k^{1/3}} = C,$$

obținem :

$$I^{2/3} = C \cdot D \cdot Y \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}} \cdot \tag{33}$$

Valorile $\log Y$ și $\log \frac{\sqrt{Y'}}{Y}$ sunt redate în funcție de temperatură în fig. 3.

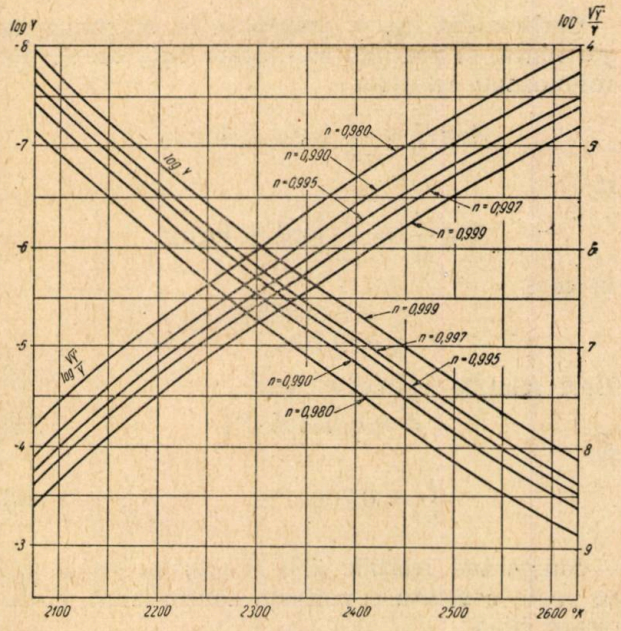


Fig. 3. Valorile $\log Y$ și $\log \frac{\sqrt{Y'}}{Y}$ în funcție de temperatură la diferite valori n.

Mai remarcăm că pentru curent continuu

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}} = 2.$$

IV. EMISIUNEA LUMINOASĂ A LĂMPII

1. *Eficacitatea luminoasă.* Fluxul luminos Φ emis de un metal incandescent poate fi considerat proporțional cu energia radiată în unitatea de timp în jurul lungimii de undă 0,555 μ, care corespunde cu maximul de sensibilitate spectrală a ochiului.

Pe de altă parte, pentru regiunea spectrului vizibil, puterea $E_{\lambda T}$ emisă de wolfram la o lungime de undă dată — λ poate fi descrisă printr'o lege de forma celei a lui Wien :

$$E_{\lambda T} = c_1' \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2'}{\lambda T}}$$

Dacă se consideră raportul puterilor E_1 și E_2, emise la temperatura constantă T la două lungimi de undă diferite λ_1 și λ_2, se obține :

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 \cdot e^{\frac{c_2'}{T}\left(\frac{1}{\lambda_2}-\frac{1}{\lambda_1}\right)}$$

sau

$$c_2' = T \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \frac{E_1}{E_2}\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^5.$$

Folosind valorile [5] :

$$\lambda_1 = 6{,}65 \cdot 10^{-5} \text{ cm} \qquad E_1 = 4{,}162 \cdot c_1'$$
$$\lambda_2 = 4{,}67 \cdot 10^{-5} \text{ cm} \qquad E_2 = 0{,}589 \cdot c_1'$$

$$\text{la } T = 2400^0 K,$$

rezultă

$$c_2' = 1{,}399 \approx 1{,}40.$$

Fluxul luminos emis de unitatea de suprafață de wolfram la temperatura T va fi deci :

$$\Phi = H \cdot e^{-\frac{1{,}40}{0{,}555 \cdot 10^{-4} T}} = H \cdot e^{-\frac{25.225}{T}}; \tag{34}$$

Pentru un domeniu suficient de îngust de temperaturi ($\pm 100^0 K$) [2] se poate scrie :

$$e^{-\frac{25.225}{T}} = (e \cdot T_m)^{-\frac{25.225}{T_m}} \cdot T^{\frac{25.225}{T_m}},$$

unde T_m este temperatura medie a intervalului de temperaturi.

Deci

$$\Phi = H \cdot (e \cdot T_m)^{-p} \cdot T^p, \tag{35}$$

unde

$$p = \frac{25.225}{T_m}.$$

Prin spiralizare fluxul luminos este redus într'un raport Φ_n, mărime cu totul analoagă factorului E_n (vezi Cap. II, 1), cu deosebirea că se ține seama de reflexia radiației vizibile și nu de cea a radiației totale. Φ_n se poate calcula din relația analoagă cu cea a lui E_n [2], și anume :

$$\Phi_n = \frac{p_i}{2\,(A_v + R_v \cdot p_i)} + \frac{p_e}{2\,(A_v + R_v \cdot p_e)},$$

unde $A_v = 0{,}447$ este factorul de absorpție, iar $R_v = 1 - A_v = 0{,}553$ este factorul de reflexie mediu al radiației vizibile pe suprafața wolframului.

Valorile lui Φ_n corespunzătoare diferitelor valori uzuale ale lui x și s sunt redate în fig. 1.

Prin urmare

$$\Phi_{sp} = H \cdot \Phi_n \cdot (eT_m)^{-p} \cdot T^p.$$

Fluxul luminos emis de filament este absorbit și reflectat parțial de balonul de sticlă și de soclu. De pierderile relative datorite balonului și soclului se va ține seama, prin introducerea unui coeficient $k' < 1$. Deci fluxul emis de lampă va fi: $\Phi_l = k'H \cdot \Phi_n (eT_m)^{-p} T^p$.

Având în vedere că puterea consumată de filament este:

$$W_{sp} = \sigma' \frac{E_n}{k} T^{4,7}$$

unde

$$\sigma' = 7{,}485 \cdot 10^{-15},$$

eficacitatea luminoasă a lămpii (STAS 2849-51) va fi dată în general de:

$$\eta = \frac{\Phi_l}{W_{sp}} = k \cdot k' \frac{\Phi_n}{E_n} \frac{H \cdot (e \cdot T_m)^{-p}}{\sigma'} T^{p-4,7}. \quad (37)$$

Pentru stabilirea constantei H, se poate folosi eficacitatea luminoasă indicată de [5] pentru un filament de wolfram drept, fără pierderi $\left(\frac{\Phi_n}{E_n} = 1\,;\ k.k' = 1\right)$ la temperatura de 2400°K.

Aceasta este:

$$\eta_{lt} = 9{,}39 \frac{\text{lm(vechi)}}{W} = 9{,}574 \frac{\text{lm(noi)}}{W}\,;$$

deci $H = \eta_{lt} \cdot (e \cdot T_m)^p \cdot \sigma' \cdot T^{-(p-4,7)} = 2{,}026 \cdot 10^7 \text{lm(noi)}$.

Ca formulă finală pentru determinarea eficacității luminoase la temperatura T se obține

$$\eta = k \cdot k' \frac{\Phi_n}{E_n} G \cdot T^g, \quad (38)$$

în care

$$G = \frac{H(eT_m)^{-p}}{\sigma'} = 2{,}707 \cdot 10^{21} \cdot (e \cdot T_m)^{-p}$$

și

$$g = p - 4{,}7.$$

Valorile lui G și g rezultă din tabela 3.

Tabela 3

T°K	log G	g
2100	$\bar{2}4{,}31301$	7,311
2200	$\bar{2}2{,}13247$	6,765
2300	$\bar{2}1{,}80150$	6,267
2400	$\bar{1}9{,}34206$	5,810
2500	$\bar{1}8{,}76525$	5,390
2600	$\bar{1}6{,}09078$	5,001

V. VERIFICAREA RELAȚIILOR OBȚINUTE

1. *Formule empirice de dimensionare.* Pe baza statisticilor făcute la fabricile de lămpi cu incandescență asupra lămpilor normale cu vid executate pe bază de încercări multiple, am stabilit curbele care leagă diametrul d și lungimea l raportată la tensiunea de alimentare U a filamentelor de intensitatea I a curentului care le străbate.

Aceste curbe sunt redate în diagrama din fig. 4.

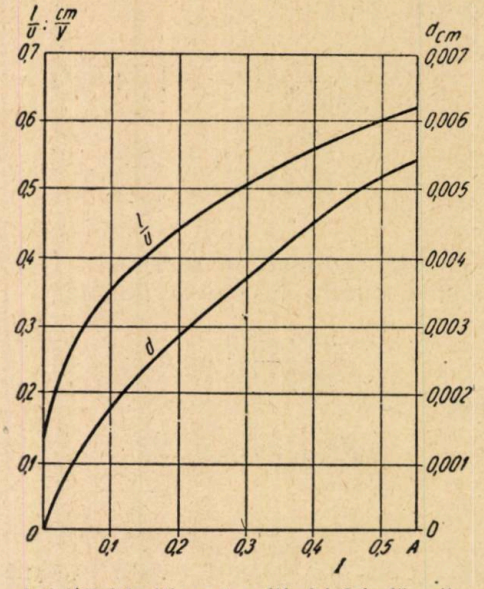


Fig. 4. d și l/U folosiți pentru diferiți I la lămpile normale cu vid.

Curbele din fig. 4, transpuse în diagramă logaritmică, se prezintă sub forma unor drepte corespunzând relațiilor:

$$\log d = \frac{2}{3} \log I + \log c_1$$

și

$$\log \frac{l}{U} = \frac{1}{3} \log I + \log c_2,$$

în care

$$c_1 = 0{,}00825\,;$$
$$c_2 = 0{,}760.$$

Deci relațiile empirice sunt:

$$d = 0{,}00825 \cdot I^{2/3} \quad (39)$$

și

$$\frac{l}{U} = 0{,}760 \cdot I^{1/3}. \quad (40)$$

Comparând relațiile (39) și (40) cu (4) și (5), se poate constata o perfectă concordanță, coeficienții fiind

$$c_1 = 69{,}6 \frac{k^{1/3}}{E_n^{1/3}} T^{-1,17}$$

și

$$c_2 = 6{,}137 \cdot 10^{11} \frac{k^{2/3}}{E_n^{2/3}} T^{-3,54}.$$

In cazul spiralelor de cea mai bună calitate avem:
$k = 0{,}93$; $x = 5$ și $s = 1{,}3$ deci $E_n = 0{,}61$ (fig. 1).

Coeficienţii c_1 şi c_2, calculaţi pe baza acestor valori, sunt reprezentaţi în diagrama din fig. 5 în funcţie de temperatura filamentului.

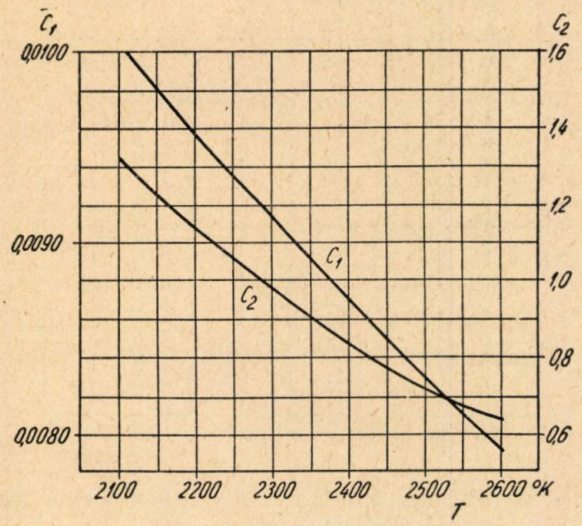


Fig. 5. c_1 şi c_2 în funcţie de temperatura filamentului pentru lămpile de cea mai bună calitate.

Observăm că perechea de valori $c_1 = 0{,}00825$; $c_2 = 0{,}760$ corespunde intervalului de temperatură 2490 — 2510°K, interval de temperatură în care se situează într'adevăr aceste lămpi.

2. *Arderea accelerată.* Durata lămpilor cu incandescenţă se stabileşte conform normelor interne prin arderea lor supratensionată, proces cunoscut sub denumirea de „ardere accelerată".

Această operaţie se execută pe baza relaţiei

$$\frac{D}{D_0} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{-13,5}, \qquad (41)$$

unde D şi D_0 sunt duratele la tensiunile de ardere U şi U_0. Această relaţie este stabilită printr'o îndelungată statistică [1].

Punând relaţia (33) sub forma :

$$D = \frac{I^{2/3}}{C \cdot Y \cdot \dfrac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\dfrac{\varphi}{2}}},$$

şi neţinând seama de corecţiile introduse de alimentarea cu curent alternativ, rezultă :

$$\frac{D}{D_0}\left(\frac{I}{I_0}\right)^{2/3}\frac{Y_0}{Y}.$$

Pe baza diagramei din fig. 3 se poate scrie :

$$\frac{Y_0}{Y} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-41,7},$$

deoarece curbele din această diagramă, transpuse în diagrama logaritmică (fig. 6) pot fi asimilate cu nişte drepte cu panta

$$-\frac{5{,}75-5{,}0}{3{,}383-3{,}365} = -41{,}6.$$

Ţinând seama de relaţiile empirice cunoscute [1]

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{0,58} \quad \text{şi} \quad \frac{W}{W_0} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{1,58},$$

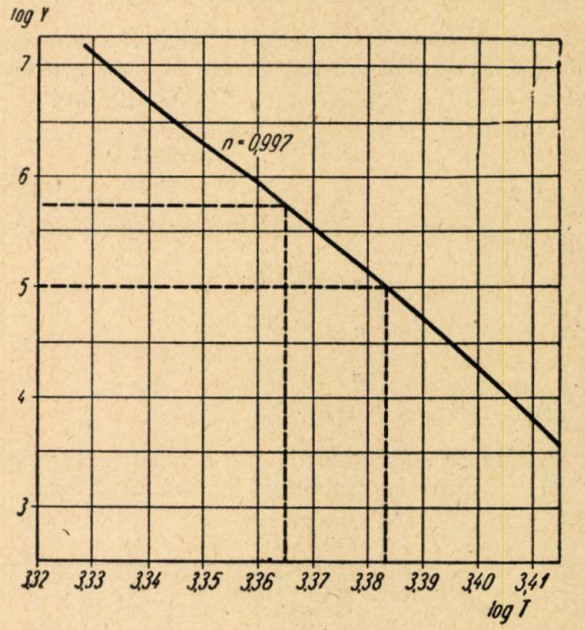


Fig. 6. log Y în funcţie de log T.

şi scriind pe baza relaţiei (1')

$$\frac{W}{W_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{4,7},$$

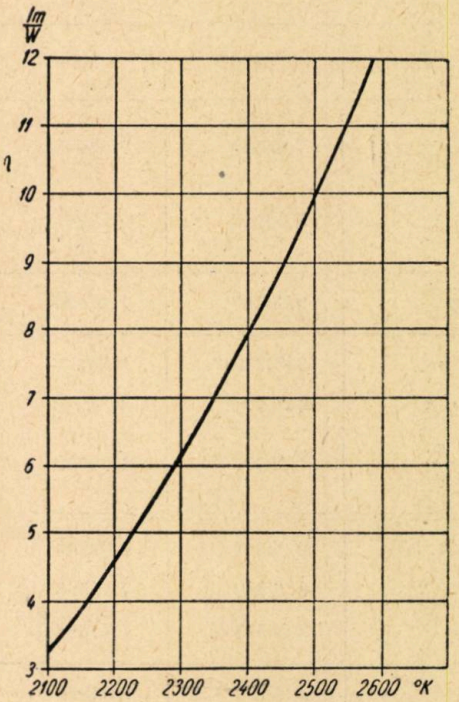


Fig. 7. Eficacitatea luminoasă a lămpilor cu vid de cea mai bună calitate în funcţie de temperatura filamentului lor.

rezultă că :

$$\frac{Y_0}{Y} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-41,6} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{-41,6\,\frac{1,58}{4,7}} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{-14}$$

și

$$\frac{D}{D_0} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{0,39} \left(\frac{U}{U_0}\right)^{-14} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^{-13,6} \qquad (42)$$

relație care corespunde întocmai relației (41).

3. *Eficacitatea luminoasă.* Calculând cu ajutorul relației (38) eficacitatea luminoasă η a lămpilor de bună calitate cu : $D = 1000$ ore.

$$k' = 0,97$$
$$n = 0,999$$
$$k = 0,93$$

$x=5$, $s=1,3$ } și prin urmare conform diagramei din fig. 1 :

$$E_v = 0,47$$
$$E_n = 0,60$$
$$\Phi_n = 0,56$$

rezultă curba $\eta = f(T)$ din fig. 7.

Calculând apoi valorile lui I pentru diversele valori T după formula (33) în modul indicat de tabela 4, rezultă curba $\log I = f(\log T)$ din fig. 8.

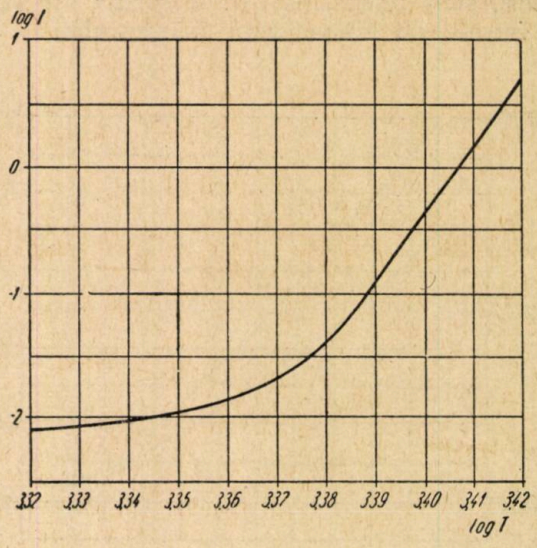


Fig. 8. log I în funcție de log T la lămpile de vid de cea mai bună calitate.

Tabela 4

$$\log\left(\frac{2}{kD} \cdot \frac{E_n}{E_v}\right) = \bar{7},88745$$

$$\log C \cdot D = 4,02369$$

$$I^{2/3} = C \cdot D \cdot Y \cdot \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}}$$

$$C = \frac{E_n^{1/3} E_v}{139,2 \cdot k^{1/3}}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{2}{kD} \cdot \frac{E_n}{E_v} \frac{\sqrt{Y'}}{Y}$$

T°K	2100	2200	2300	2400	2500	2600
$\log\left(\frac{2}{k \cdot D} \frac{E}{E_v}\right)$	$\bar{7},88745$	$\bar{7},88745$	$\bar{7},88745$	$\bar{7},88745$	$\bar{7},88745$	$\bar{7},88745$
$\log \frac{\sqrt{Y'}}{Y}$	8,39843	7,58351	6,83204	6,15904	5,52027	4,94477
log tgφ	2,28588	1,47096	0,71950	0,04649	$\bar{1},40772$	$\bar{2},83222$
φ	89°42′10″	88°3′50″	79°12′1″	48°3′35″	14°20′33″	3°53′16″
φ/2	44°51′05″	44°1′55″	39°36′0	24°1′47″	7°10′16″	1°56′38″
$\log \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$	$\bar{1},99775$	$\bar{1},98532$	$\bar{1},91765$	$\bar{1},64919$	$\bar{1},09974$	$\bar{2},53035$
log $C \cdot D$.	4,02369	4,02369	4,02369	4,02369	4,02369	4,02369
log Y	$\bar{8},27930$	$\bar{7},15503$	$\bar{7},95397$	$\bar{6},68571$	$\bar{5},35446$	$\bar{5},97576$
log tg φ	2,28588	1,47096	0,71950	0,04649	$\bar{1},40772$	2,83222
$\log \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$	$\bar{2},58887$ $\bar{1},99775$	$\bar{2},64968$ $\bar{1},93532$	$\bar{2},69716$ $\bar{1},91765$	$\bar{2},75589$ $\bar{1},64919$	$\bar{2},78587$ $\bar{1},09974$	$\bar{2},83167$ $\bar{2},53035$
log $I^{2/3}$	$\bar{2},59112$	$\bar{2},66436$	$\bar{2},77951$	$\bar{1},10670$	$\bar{1},68613$	0,30132
log I	$\bar{3},88668$	$\bar{3},99654$	$\bar{2},16927$	$\bar{2},66005$	$\bar{1},52920$	$\bar{0},45198$

Din curbele 7 şi 8 se poate stabili curba $n=f(I)$ din fig. 9.

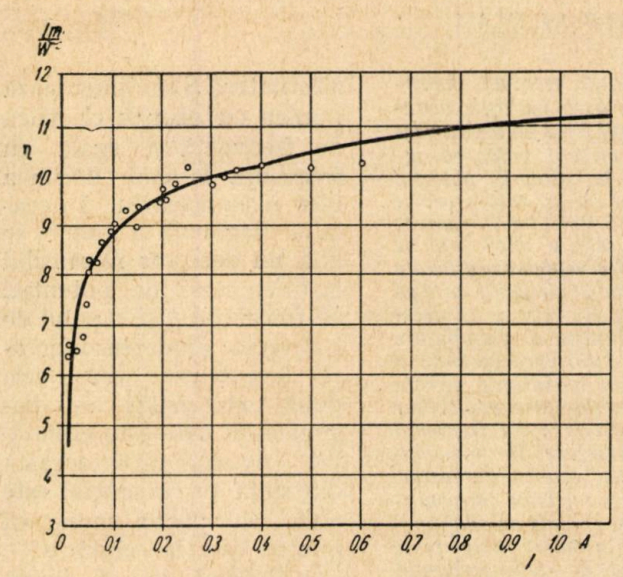


Fig. 9. Eficacitatea luminoasă a lămpilor cu vid de cea mai bună calitate în funcţie de intensitatea curentului : o — date obţinute în fabricaţie.

Punând pe această curbă datele obţinute în fabricaţia lămpilor cu incandescenţă de bună calitate — ipoteză în care a fost calculată curba — se poate constata că relaţiile stabilite se verifică şi prin aceste date.

Concluzie. Verificarea relaţiilor de proiectare deduse în lucrarea de faţă prin datele statistice obţinute în fabricaţia curentă de mare serie ne permite să tragem concluzia că aceste relaţii, cu caracter general, pot forma baza de proiectare pentru lămpi cu incandescenţă cu vid de orice tip.

Aplicarea lor în practică reduce în mod apreciabil numărul de încercări necesare pentru elaborarea tipurilor noi de lămpi.

De asemenea relaţiile stabilite permit reproiectarea rapidă a tipurilor cunoscute, în cazul modificării caracteristicelor materialelor folosite.

Bibliografie

(1) *Ulmişek L. G.*: Fabricarea lămpilor cu incandescenţă. Gosenergbizdat, Moscova, 1949.

(2) *Grigorovici R., Roth A.*: Electricitatea III, p. 35. 1952, Nr. 6.

(3) *Fabricant V. A.*: Uspehi Fiziceschih Naue XXVII. 2, p. 160, 1945.

(4) *Espe V., Cnoli M.*: Tehnologia materialelor de electrovacuum. Oboronghiz, Moscova, 1939.

(5) *Forsythe W. E., Worthing A. G.*: Astrophys. Journ. 61, p. 146, 1925.

★

УСТАНОВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

Р е з ю м е

В статье рассматриваются параметры ламп накаливания. уточняя зависимость между ними и области их изменения.

Устанавливаются формулы для расчета размеров вакуумных ламп накаливания, учитывая все параметры лампы: диаметр, нить накала, длина нити, температура накаливания, продолжительность, качество нити накаливания, форма и пр. Авторы показывают затем методику для проверки установленных ими формул сравнением кривых. полученных на основе формул с величинами полученных из опыта.

★

PUNŢI DE MĂSURĂ IN RADIO FRECVENŢĂ

Prof. Ing. EDMOND NICOLAU

Puntea de radio frecvenţă este un instrument care s'a dovedit a avea multiple întrebuinţări. In special este util fiind un instrument care ne dă prin citire directă valoarea impedanţelor intervenind în circuit. Modelul utilizat de obicei în mod curent este proectat pentru a lucra până la 5 MHz, însă deoarece această frecvenţă este relativ mică faţă de domeniul actual al frecvenţelor utilizate în radio tehnică, s'au construit punţi care să lucreze până la 60 MHz. Evident că la acest ultim tip de punţi dificultăţile de manipulare sunt mai mari, cerând o formare specială a operatorului. In afară de măsurarea directă a rezistenţelor, inductanţelor şi capacităţilor în radio frecvenţă, puntea de înaltă frecvenţă găseşte o largă întrebuinţare în domeniul măsurătorilor ce se fac asupra antenelor, liniilor de tra smisiuni şi reţelelor întrebuinţate în sistemele radiante: reţele de adaptare, de defazare, etc. Având în vedere toate aceste multiple aplicaţii, puntea de radio frecvenţă rămâne un instrument valoros, atât în laborator cât şi în exploatare.

Creată acum circa 15 ani, puntea de măsură în radio frecvenţă s'a dovedit a fi un instrument preţios în laboratirul de măsuri în radiofrecvenţă, ca şi în exploatarea instalaţiilor de radiodifuziune, permiţând a extinde în domeniul frecvenţelor radio, calităţile punţilor de măsură cunoscute din curentul continuu sau din domeniul frecvenţelor audio. Cu aceste punţi se pot realiza comod măsuri atât asupra impedanţelor dipolare elementare, cum ar fi rezistenţe, inductanţe şi capacităţi, cât şi asupra sistemelor de antene şi asupra liniilor lor de alimentare. Deşi şi la noi în ţară există câteva exemplare din acest instrument, ele nu sunt utilizate, de oarece — din cauza frecvenţei mari de lucru — ele pun o serie de probleme diferite de punţile utilizate în joasă frecvenţă.

Scopul acestui articol este tocmai de a lămuri principalele probleme ce intervin în construirea şi manipularea punţilor de radio-frecvenţă. Se arată mai întâi care sunt avantajele metodei de punte, şi cum impedanţele parazite fac ca la frecvenţe ceva mai mari să fie necesare precuţii speciale, de compensare a punţii. Se arată apoi efectele perturbatoare specifice frecvenţelor radio — de ex. efectul de mână — şi mijloacele de a le combate. In fine se dă descrierea unei punţi standard de radio frecvenţă şi se arată utilizarea ei tipică la o instalaţie simplă de antene direcţionale, unde se pune în evidenţă avantajele ce decurg din utilizarea punţii de radio frecvenţă : comoditatea şi rapiditatea efectuării măsurătorilor.

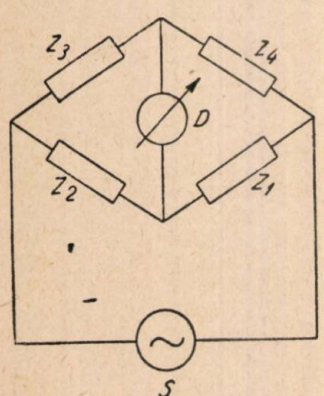


Fig. 1. Schema principală a unei punţi de măsură.

1. *Definiţie şi scop.* Prin punte de măsură se înţelege un circuit de măsură derivat din puntea Wheatstone şi care se utilizează de obicei la măsurarea impedanţelor. Schema generală a unei punţi de tip Wheatstone se vede în fig. 1. In esenţă ea este constituită din patru impedanţe Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 ce constitue ramurile unui patrulater $ABCD$. Intr'una din diagonalele acestui patrulater se află o sursă alternativă S ce alimentează puntea cu energie electrică de frecvenţă f, egală cu frecvenţa la care dorim a face măsurătoarea. In cealaltă diagonală a punţii se află un detector D sensibil la diferenţele de potenţial de frecvenţă f şi capabil de a detecta anularea diferenţei de potenţial dintre cele două extremităţi ale diagonalei în care este el montat. Atunci când această diferenţă de potenţial este nulă, se poate spune că puntea este la echilibru.

Notând cu Z_i impedanţa complexă a unuia din aparatele care constitue un braţ al punţii, condiţia de echilibru a punţii se scrie

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4. \qquad (1)$$

Trecând dela impedanţe la admitanţele corespunzătoare, $A = 1/Z$, condiţia de echilibru se scrie

$$A_1 A_3 = A_2 A_4.$$

Condiţia de echilibru este independentă de impedanţele interne ale sursei de alimentare sau ale detectorului, depinzând numai de cele patru impedanţe ale braţelor. In general punţile de acest tip se utilizează la măsurarea impedanţelor : trei din impedanţele care constitue puntea fiind cunoscute, condiţia de echilibru — care este o condiţie complexă, echivalentă deci cu două condiţii reale — ne permite să determinăm în modul şi fază a patra impedanţă cu care s'a obţinut echilibrul la punte.

Alte ori însă, puntea poate servi la măsurarea unei frecvenţe : pentru aceasta observăm că în general impedanţele Z_i sunt funcţii de frecvenţă, deci condiţia de echilibru va fi o ecuaţie în care intervine şi frecvenţa, pentru unele tipuri de punţi, cum ar fi de ex. aceea din fig. 2. In acest caz, luând toate cele patru impedanţe cunoscute,

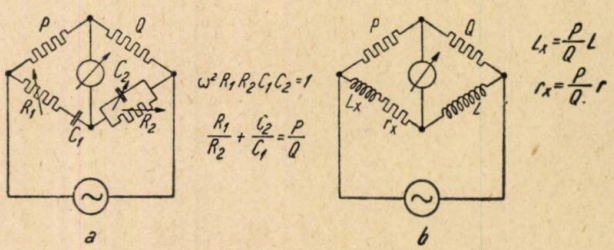


Fig. 2. *a* — tip de punte la care condiţia de echilibru depinde de frecvenţă şi care se poate deci utiliza la măsurarea frecvenţei ; *b* — tip de punte la care condiţia de echilibru e independentă de frecvenţă.

şi alimentând puntea cu o frecvenţă necunoscută, variem impedanţele reglabile din punte până obţinem echilibrul; din condiţia de echilibru calculăm apoi frecvenţa necunoscută de alimentare. Această metodă se utiliza la un moment dat în audio frecvenţă.

Menţionăm de asemenea că, punţile pot fi utilizate la măsuri de putere, atât în joasă cât şi în înaltă frecvenţă.

2. *Avantajele metodei.* Analizând critic această metodă a punţii, se constată că ea prezintă o serie de avantaje faţă de metodele obişnuite, mai simple, şi anume:

a) Este o metodă de zero, deci precizia măsurătorii nu este nu nimic afectată de etalonarea instrumentelor de măsură — deci de etalonarea detectorului.

b) Fiind o metodă de zero, precizia care se obţine este mai mare decât aceea care se poate obţine la o metodă de maxim, de oarece se poate utiliza un detector sensibil, pe câtă vreme la metodele de maxim e necesar a utiliza un instrument care să măsoare o tensiune mare, instrument la care nu se pot observa variaţii mici.

c) Condiţia de echilibru fiind independentă de puterea sursei, aceasta poate fi — în oarecare măsură — uşor variabilă.

d) Sursa de alimentare poate avea o putere relativ mică.

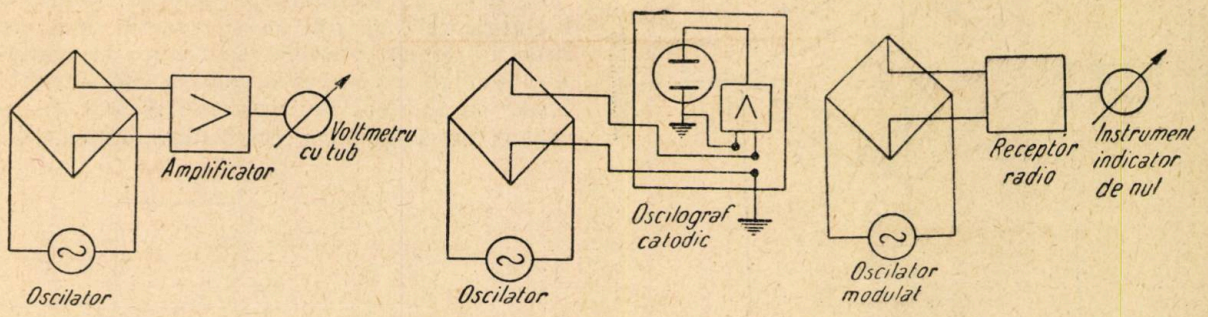
e) Dacă tipul de punte este astfel ales încât condiţia de echilibru să nu depindă de frecvenţă, oscilatorul poate să nu aibă o frecvenţă stabilă sau sinusoidală.

f) Sensibilitatea punţii se poate mult mări utilizând un detector foarte sensibil, cum ar fi un milivoltmetru electronic, sau un oscilograf catodic ce are un amplificator puternic (fig. 3).

3. *Limitările metodei.* In curent continuu sau în frecvenţe foarte joase, se poate considera că schema reală a punţii este aceea din fig. 1; la frecvenţe audio, şi cu atât mai mult în frecvenţe radio, intervin o serie de impedanţe parazite în punte, care falsifică condiţia de echilibru, şi anume inductanţele serie ale conexiunilor şi impedanţele parazite faţă de masă ale diferitelor organe ale punţii. De asemenea devine jenant faptul că în mod normal atât sursa cât şi detectorul sensibil — amplificator sau oscilograf catodic — au în mod normal o bornă pusă la masă, ceeace face ca puntea să nu mai poată fi echilibrată, una din impedanţele punţii fiind scurtcircuitată.

De asemenea intervin cuplajele parazite între sursă şi detector, între sursă şi difelitele elemente ale punţii pe de o parte şi între braţele punţii pe de altă parte. In fine intervin efectele de variaţie a impedanţei aparente a aparatelor din braţele punţii, variaţie care este funcţie de frecvenţa de lucru.

Pentru a efectua măsuri serioase cu puntea este deci necesar a lua o serie de precauţii, pe care le vom analiza pe rând în cele ce urmează.

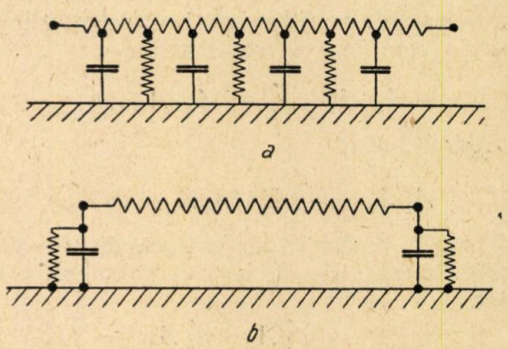


a

Fig. 3. Punţi având detectori sensibili: *a* — amplificator şi instrument de măsură; *b* — oscilograf catodic; *c* — receptor de radio.

4. *Compensarea punţii.* Prin compensarea punţii se înţelege complexul de precauţii ce trebue luate pentru a elimina efectul perturbator al masei, care se manifestă prin apariţia unor admitanţe parazite între diferitele organe ale punţii şi masă.

Să considerăm o impedanţă oarecare din cele patru impedanţe care formează puntea. Această impedanţă nefiind la o distanţă infinită faţă de masă, ea prezintă o capacitate faţă de masă. Cu alte cuvinte este un electrod al capacităţii formate din acea impedanţă şi masă. De asemenea între acea impedanţă şi masă există şi o rezistenţă de fugă, datorită scăpărilor prin izolamentul impedanţei, suporţi, etc. In fig. 4 a se arată schema unei impedanţe situată real aproape de masă.



a

b

Fig. 4. *a* — impedanţă şi admitanţele ei parazite faţă de masă: *b* — schema echivalentă.

Atâta vreme cât efectul perturbator ale admitanţelor parazite rămâne mic, putem înlocui admitanţele reale care sunt distribuite dealungul impedanţei, prin două admitanţe concentrate la extremităţi, aşa cum se arată în fig. 4 b.

In această situaţie, şi independent de natura celor patru impedanţe care constitue puntea, schema reală a unei punţi nu va mai fi cea din fig. 1, ci aceea din fig. 5. Pentru a determina in-

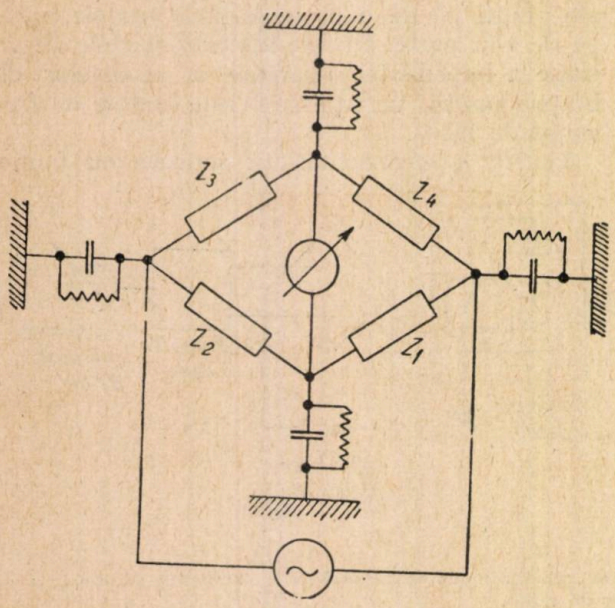


Fig. 5. Schema reală a unei punţi la care se pun în evidenţă şi admitanţele parazite faţă de masă.

fluenţa admitanţelor parazite asupra echilibrului punţii, şi pentru a analiza modalităţile în care putem anula efectul lor, trebue să considerăm două cazuri, şi anume : *a*) una din diagonale are un punct pus la masă ; *b*) ambele diagonale ale punţii sunt izolate faţă de masă. Să începem cu primul caz.

a) Una din diagonalele punţii are un punct pus la masă. Situaţia se prezintă ca în fig. 6, în care unul din capetele diagonalei detector este pus la masă. In acest caz admitanţa de fugă a'_3 este scurtcircuitată iar admitanţa a'_4 care vine în paralel cu detectorul nu intervine în condiţia de echilibru a punţii. Din contra, celelalte două admitanţe parazite care au rămas, vin în paralel cu admitanţele ce formează braţele punţii şi condiţia de echilibru se scrie acum

$$A_3 (A_1 + a'_1) = A_4 (A_2 + a'_2) \qquad (3)$$

sau desvoltând

$$A_1 A_3 + a'_1 A_3 = A_2 A_4 + a'_2 A_4. \qquad (4)$$

Pentru a regăsi condiţia normală de echilibru (2) este necesar şi suficient ca să subsiste şi egalitatea

$$a'_1 A_3 = a'_2 A_4. \qquad (5)$$

Această condiţie (5) este condiţia de compensare care trebue satisfăcută în punte pentru ca echilibrul ei să nu depindă de admitanţele parazite.

Compensarea practică a punţii se obţine în modul următor :

— Impedanţele Z_1 ş Z_2 se deconectează de punte în punctele *m* şi *n* (fig. 6).

— In paralel cu a_1 sau a_2 se dispune un organ de reglaj care este ajustat până ce puntea Z_3, Z_4, a'_1, a'_2 se echilibrează, în care moment aceste mărimi satisfac la (5).

— Se reconectează la punte impedanţele Z_1 şi Z_2 şi se reface echilibrul punţii ca şi cum admitanţele parazite nici nu ar exista. In această situaţie avem cu toată rigoarea

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4 \ . \qquad (6)$$

In practică, lucrând cu materiale bune, conductanţa de fugă este mică, practic nulă, astfel încât admitanţa parazită se reduce la o capacitate. Pentru a compensa puntea este atunci suficient ca în unul din punctele *m* sau *n* — care anume, nu se poate preciza decât experimental,

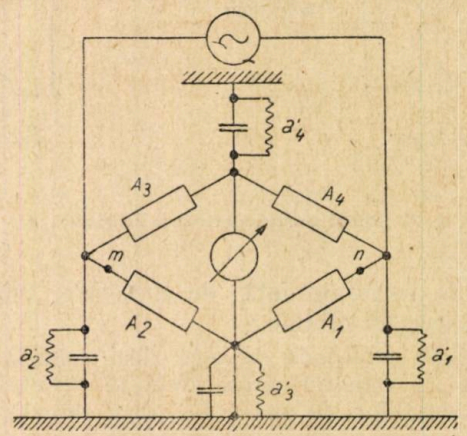


Fig. 6. Schema unei punţi la care unul din capetele diagonalei detector este pus la masă.

pe cazul concret de care e vorba — se dispune un trimer, având a doua bornă la masă ; cu el se compensează puntea, aşa cum s'a arătat mai sus.

b) Ambele diagonale ale punţii sunt izolate faţă de masă. In acest caz schema reală a punţii este aceea reprezentată în fig. 7. La echilibrul

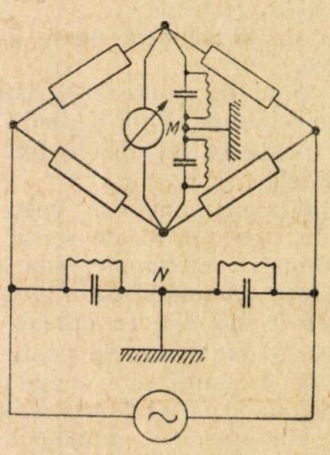


Fig. 7. Schema reală a unei punţi la care ambele diagonale sunt izolate faţă de masă.

punţii principale, punctele *A* şi *B* — extremităţile diagonalei detector — sunt la acelaş potenţial, însă acest potenţial fiind diferit de potenţialul masei, vor circula nişte curenţi pa-

raziţi prin braţele punţii, curenţi care se vor închide prin masă. Aceşti curenţi părăsesc puntea prin punctele A şi B şi vin la masă prin M. Apare evident că dacă punctul M are acelaş potenţial cu punctele A şi B aceşti curenţi dispar,

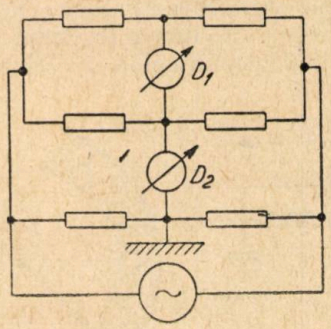


Fig. 8. Schema principială a unei punţi Wagner.

nemai circulând prin impedanţele parazite AM şi BM. Suntem astfel conduşi la puntea dublă Wagner, care se vede în fig. 8. Ea se realizează practic punând în paralel cu admitanţele parazite a'_1 şi a'_2 două admitanţe reglabile Z' şi Z'' care se reglează până ce atât detectorul D_1 cât şi detectorul D_2 indică echilibrul punţilor în care sunt montaţi. In practică se utilizează un singur detector, care se comută în cele două poziţii.

Realizând echilibrul ambelor punţi, avem în toată rigoarea satisfăcută condiţia de echilibru normală (2).

In practică Z' şi Z'' sunt constituite dintr'un potenţiometru ce se montează în paralel pe sursă cu cursorul la masă, şi dintr'o capacitate cu statorul despicat şi având rotorul pus de asemenea la masă.

Puntea Wagner se utilizează cu succes la frecvenţe până la circa 40 000 Hz; se poate atinge cu ea precizii destul de bune, de ordinul lui 10^{-2}. Compensarea punţii se face uşor în frecvenţe audio, dar devine din ce în ce mai complicată, pe măsură ce frecvenţa de lucru creşte.

5. *Utilizarea transformatorilor ecranaţi.* In mod normal atât generatorul care alimentează puntea, cât şi detectorul sensibil-amplificator, receptor de radio, etc. — au fiecare câte o bornă la masă. Aceasta face că nu putem utiliza direct ambele aparate simultan la o punte, de oarece aceasta ar duce la scurtcircuitarea unuia din braţele punţii, de ex. Z_1 în fig. 9, *a*. Pentru a evita aceasta,

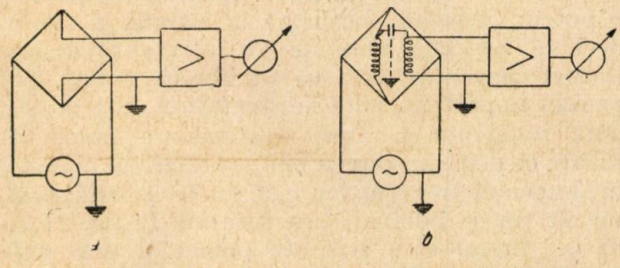


Fig. 9. *a* — punte la care atât sursa cât şi detectorul au fiecare un punct pus la masă ceeace face ca impedanţă z_1 să fie scurtcircuitată; *b* — aceeaşi punte la care scurtcircuitul se elimină prin introducerea unui transformator ecranat. Masa generatorului ajunge la punte prin intermediul unei capacităţii C care este foarte mică.

se utilizează la punţi transformatorii ecranaţi, care au o impedanţă foarte mare între primar şi secundar şi în general de natură capacitivă. Dispunând un astfel de transformator între punte şi sursă, faptul că generatorul are un punct la masă numai jenează, de oarece între punte şi acel punct la masă se interpune acum impedanţa mare dintre înfăşurările transformatorului. Această capacitate parazită se compensează apoi prin metodele obişnuite arătate mai sus.

Din punct de vedere constructiv, transformatorii ecranaţi se realizează tot ca şi transformatorii obişnuiţi, având două înfăşurări; de oarece însă între aceste înfăşurări există o capacitate distribuită mare, între ele se dispune un ecran electrostatic, dispus la un potenţial constant, de obicei la masă. Se vede că este acelaş pirncipiu ca şi la pentode. Ecranul este constituit dintr'o foaie de staniol, care se petrece fără însă ca marginile să vie în contact de oarece atunci ar constitui o spiră pusă în scurt circuit.

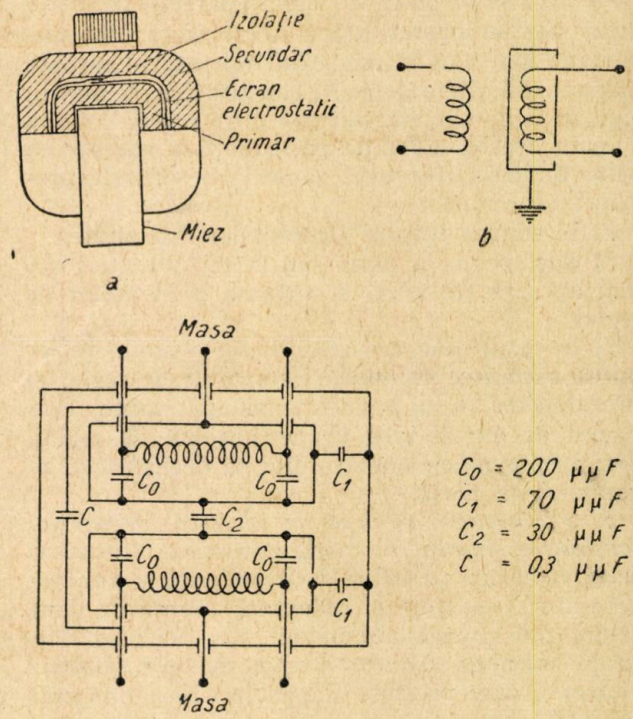


Fig. 10. *a* — secţiune printr'un transformator ecranat; *b* — schemă echivalentă; *c* — schema echivalentă a unui transformator dublu ecranat.

La unele transformatoare ecranate se dispune câte un ecran în jurul fiecărei înfăşurări. In modul acesta cuplajul electrostatic dintre înfăşurări e mult redus, fără însă a micşora cuplajul electromagnetic normal. In fig. 10 se arată o secţiune printr'un transformator ecranat şi se arată şi schema lui echivalentă.

Precum se vede din datele indicate în fig. 10, între înfăşurări, capacitatea directă este foarte mică; în schimb capacităţile dintre ecrane şi înfăşurările respective sunt importante. Din fericire aceste ultime capacităţi nu joacă nici un rol atâta vreme cât ecranele sunt puse la masă;

dimpotrivă ele devin jenante atunci când nu se ia această măsură.

6. *Precauțiuni de montaj necesare pentru reducerea efectului masei.* Prin definiție masa este un mediu infinit conductor, adică un conductor perfect. Rezultă de aci că el nu prezintă nici o impedanță și că este o suprafață echipotențială prin care se închid curenții de fugă, fără a constitui nici un cuplaj între circuitele respective.

Este deci necesar, pentru a ne apropia cât mai mult de definiție, ca masa să fie constituită dintr'un conductor cât mai scurt și de secțiune cât mai mare, pentru ca impedanța acestor conexiuni să fie neglijabilă la frecvența de lucru. Este deci bine ca în montajele fixe să utilizăm ca masă o placă metalică suficient de groasă la care să conectăm diferitele aparate, atunci când aceasta este posibil. Șasiul trebue apoi pus la pământ, pentru a fi în adevăr la un potențial constant.

7. *Precauțiuni de montaj necesare pentru reducerea efectului de mână.* Apropierea operatorului de punte face ca între ele și diferitele elemente ale punții să se nască capacități parazite variabile după poziția operatorului. Acest efect este important mai ales atunci când operatorul apropie mâna de diferitele elemente constitutive ale punții, cum ar fi de ex., de butoanele de reglaj. Pentru a evita aceste cauze de perturbații e necesar ca chiar în joasă frecvență să se ia o serie de precauții și anume:

a) blindarea tuturor elementelor din punte;

b) dispunerea la masă sau la un potențial cât mai aproape de masă al tuturor elementelor de reglaj;

c) în cazul când aceasta nu este posibil, secționarea axului ce comandă elementele de reglaj și introducerea în ax a unei porțiuni izolante. Porțiunea de ax ce vine înspre butonul de reglaj, deci înspre mâna operatorului se decuplează, legându-se la masă.

8. *Precauțiuni de luat la alegerea elementelor constituind puntea.* In teoria curenților alternativi se introduc patru feluri de impedanțe și anume: capacitori, rezistori, și inductori, ultimii de două feluri, unii prezentând inductanțe, și alții inductanțe mutuale. Dintre aceștia, se pot construi elemente care prezintă impedanțe bine precizate în înaltă frecvență mai ales din primele două tipuri. Vom utiliza deci la punțile de înaltă frecvență ca brațe de punți mai ales capacitori și rezistori. La ambele tipuri de inductori intervin elemente parazite importante, care fac ca ele să fie evitate ca elemente de referință, atunci când ne situăm în domeniul frecvențelor radio.

Pentru a vedea cum trebuesc alese rezistențele de radio frecvență, să studiem puțin comportarea în acest domeniu de frecvență, a rezistențelor și să vedem care sunt tipurile indicate.

In fig. 11 a se arată schema echivalentă a unei rezistențe. Intre diferitele spire există o capacitate distribuită, care este echivalentă cu o capacitate în paralel pe rezistență. Infășurarea rezistenței în sine constitue apoi o inductanță, în serie cu rezistența propriuzisă. Rezistența prezintă apoi capacități distribuite față de masă, capacități pe care le putem considera concentrate la capetele rezistenței. In concluzie, rezistența se prezintă ca un circuit foarte complicat, care poate fi aproximat printr'un circuit derivație având un Q foarte prost. In domeniul frecvențelor audio capacitățile parazite jenează prea puțin, de oarece capacitățile în cauză sunt foarte mici, de ordinul picofarazilor. In schimb însă, in-

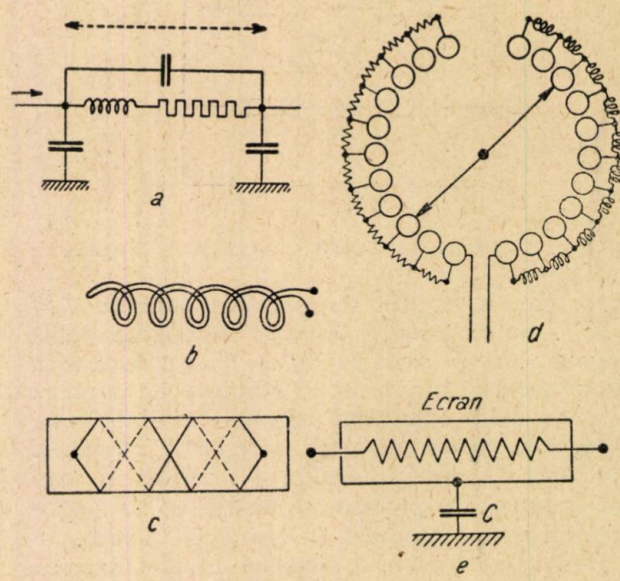


Fig. 11. *a* — schema echivalentă a unei rezistențe; *b* — bobinaj utilizat în audio frecvență; *c* — bobinaj utilizat în radio frecvență; *d* — rezistență cu inductanță compensată; *e* — rezistență ecranată.

ductanța serie este supărătoare. De aceasta chiar în domeniul frecvențelor audio trebue să se ia precauții pentru eliminarea acestei inductanțe. In acest scop în audio frecvență se utilizează bobinajul arătat în fig. 11, *b*: e așa numitul bobinaj bifilar, care constă din utilizarea unui fir îndoit. Rezistența în ansamblul ei se prezintă ca o singură rezistență, ce are însă două inductanțe montate în serie: cele două jumătăți identice parcurse de curenți egali, dar de sens contrar. Fluxul total ce trece prin rezistență este deci nul, fiecare inductanță dând un flux egal și contrar cu fluxul celeilalte jumătăți. Fluxul fiind nul, și inductanța simțită între bornele de intrare este nulă. Acest tip de bobinaje prezintă însă desavantajul că spirele fiind alăturate, între ele există o capacitate distribuită mare. Această capacitate o putem considera localizată la intrare. Se vede deci că întreaga tensiune de intrare se aplică acestei capacități, deci va rezulta un curent capacitiv important, care ne împiedică de a considera rezistența ca fiind o rezistență pură, de îndată ce depășim câteva mii de hertzi. De aceasta în domeniul frecvențelor mai înalte se utilizează un alt tip de bobinaj, care se arată în fig. 11, *c*. Și aci fluxul care străbate bobinajul este nul, și aceasta datorită unor cauze care concură: bobinajul este realizat pe o placă de mică foarte subțire, deci de secțiune S foarte mică, deci fluxul $\Phi = BS$ este implicit foarte mic; în al doilea rând, există și aci două înfășurări parcurse

de curenţi egali şi de sens contrar, deci fluxul total e riguros nul. Efectul capacitiv aci numai jenează, de oarece capacitatea care există între firele celor două înfăşurări nu e supusă nici unui potenţial, două puncte arpopiate din cele două înfăşurări fiind situate la acelaş potenţial. Inductanţa reziduală la acest tip de rezistenţă este extrem de mică.

Cu astfel de rezistenţe se realizează cutii decadice, având treptele de valorile necesare (în general dela zecimi la sute de ohmi).

Atunci când frecvenţa creşte, ajungând la câţiva megahertzi, inductanţa reziduală redevine importantă prin efectul ei. Pentrucă nu se mai poate reduce, se preferă a se adopta un alt fel de bobinaj şi anume cel arătat în fig. 11, *d*. Aci bobinajul e caracterizat prin aceea că inductanţa totală a rezistenţei decadice rămâne aceeaş, pe oricare plot ne-am situa. Aceasta este foarte-comod la montajele de punte, de oarece inductanţa totală poate fi compensată şi atunci variaţia rezistenţei de reglaj numai desechilibrează această compensare.

O altă precauţiune importantă ce trebue luată la orice impedanţă, deci şi la o rezistenţă de înaltă frecvenţă, este stabilizarea ei. Este vorba anume de a menţine la o valoare constantă capacităţile de fugă la masă, de oarece aceste capacităţi şuntează impedanţa, deci o variaţie a ei atrage şi o variaţie a impedanţei aparente. Această stabilizare se realizează aşa cum se vede în fig. 11, *e* cu ajutorul unor ecranări, care înconjură complet impedanţa. Aceste blindaje au în mod sistematic o legătură la una din bornele impedanţei. In aceste condiţii admitanţa de fugă este constituită de capacitatea ecranului faţă de masă. Conectând apoi blindajul direct la masă, admitanţa parazită este scurtcircuitată.

In ceeace priveşte condensatorii utilizaţi în înaltă frecvenţă, schema lor echivalentă diferă mult de aceea din joasă frecvenţă, prezentându-se ca în fig. 12, *a*. Conexiunile la condensator prezintă atât o rezistenţă cât şi o inductanţă serie; fiecare armătură a condensatorului prezintă o capacitate parazită faţă de masă, şi în plus în paralel cu condensatorul există şi o rezistenţă, rezistenţa de pierderi a condensatorului.

La condensatorii variabili de precizie trebue luate precauţii speciale în ceeace priveşte reducerea parametrilor reziduali. Astfel în primul rând trebuesc reduse şi stabilizate capacităţile faţă de mrsă. Pentru aceasta condensatorul se înconjoară de un blindaj care se leagă la rotor şi în plus este legat corect la şasiul montajului. In modul acesta capacitatea rotorului faţă de masă este scurtcircuitată, iar capacitatea statorului faţă de masă este redusă la o valoare bine precizată, care vine în paralel cu capacitatea propriuzisă, astfel încât poate fi cuprinsă în etalonare. Impedanţele serie ale conexiunilor sunt reduse şi ele prin montajul adoptat, de oarece s'a suprimat conexiunea rotorului, care vine pus direct la masă. La condensatorii de bună calitate şi rezistenţa de pierderi derivaţie poate fi neglijată, astfel încât schema echivalentă se prezintă ca în fig. 12, *b*.

9. *Precauţii de luat la dispunerea delementelor constituind puntea.* Din cele expuse până acum s'a constatat că în fond fiecare element al punţii prezintă o admitanţă parazită faţă de masă. S'a arătat de asemenea modalităţile prin care se reduce la minim a efectului lor perturbator, prin compensarea punţii. Pentruca această compensare să fie cât mai uşor de făcut, este necesar ca admitanţele parazite să fie mici. De aceasta armăturile prezentând o mare capacitate faţă de masă se vor lega sistematic la masă, sau la puncte din circuit care se găsesc la potenţialul masei atunci când echilibrul punţii este realizat.

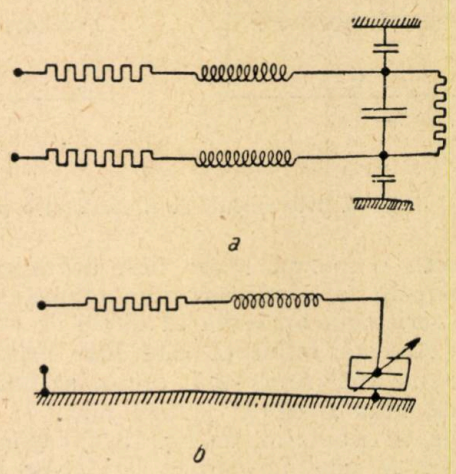


Fig. 12. *a* — schema în radiofrecvenţă a unui condensator; *b* — aceeaşi schemă pentru un condensator la care s'au luat preeauţiile necesare pentru reducerea impedanţelor parazite.

Pentru precizarea ideilor vom considera chiar cazul concret al unei punţi de radio frecvenţă. Ca orişice punte şi aceasta are două braţe care dau raportul punţii şi un al treilea braţ etalon constituit din elementele standard variabile. Aceste elemente sunt două : o capacitate, şi o rezistenţă. La punţile de radio frecvenţă se adoptă în general una din dispoziţiile arătate în fig. 13. Rezistenţele P şi Q sunt cele două rezistenţe care sau raportul punţii. In al treilea braţ se introduce capacitatea necunoscută C_x, iar al patrulea braţ este constituit din elementele etalon, C şi R. Fiecare din montajele arătate prezintă avantaje şi desavantaje. Astfel se observă în primul rând că toate cele trei tipuri de punte au un punct al diagonalei detector la masă, anume punctul B. Cele două rezistenţe P şi Q au blindajul legat la cealaltă extremitate a diagonalei, anume în punctul A. Prin aceasta capacităţile faţă de masă ale celor două rezistenţe sunt puse automat în paralel cu detectorul, deci nu intervin în condiţia de echilibru a punţii.

In fig. 13, *a* condensatorul etalon este dispus cu armătura în B. In modul acesta capacitatea parazită a lui este scurtcircuitată. Rămâne însă capacitatea faţă de masă a rezistenţei etalon R care vine în paralel cu capacitatea C, şi poate fi deci inclusă în etalonarea ei. Aceasta cu condiţia ca capacitatea parazită să fie constantă

şi bine definită, în caz contrar introducând erori de măsură.

Montajul din fig. 13, *b* are pusă direct la masă capacitatea blindajului rezistenţei R. In paralel rezistenţele P şi Q determină capacităţile parazite C' şi C_2. Făcând rezistenţele şi ecranele lor identice, se obţine un raport unitar la punte, indiferent de valoarea capacităţilor parazite. Ca-

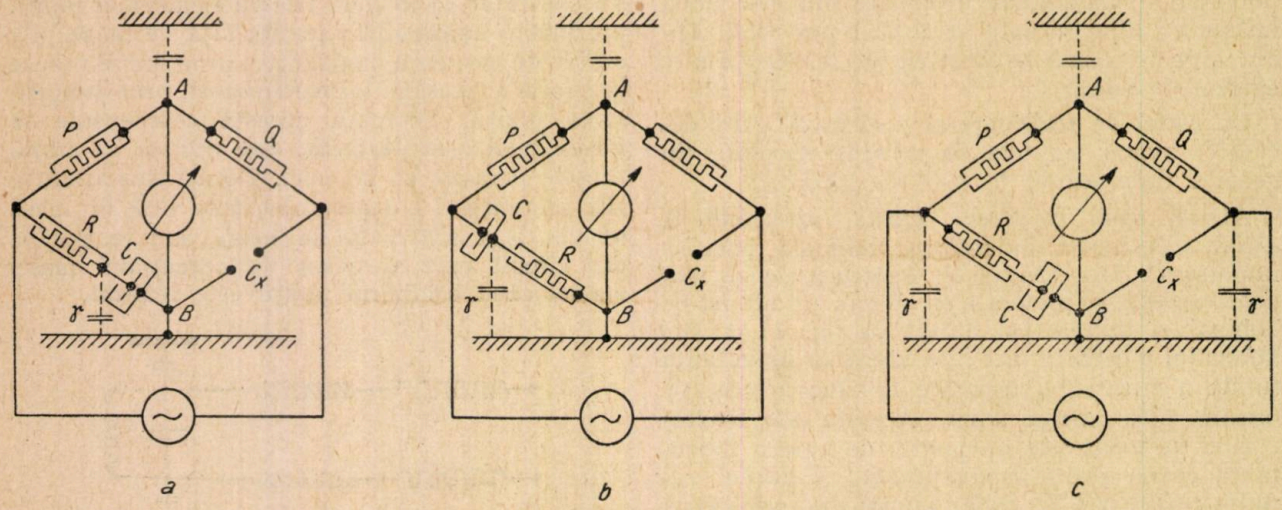


Fig. 13. Trei moduri de a constitui o punte pentru măsurarea condensatorilor în radiofrecvenţă.

pe această rezistenţă apare însă acum capacitatea parazită a condensatorului etalon, ceeace face ca rezistenţa aparentă să difere de cea nominală. Această influenţă este însă neglijabilă atâta vreme cât $(R\gamma\omega)^2 \ll 1$, ceeace se întâmplă de obicei, atât R cât şi γ fiind mici.

In fine, în montajul din fig. 13, *c*, capacitatea rezistenţei R vine în paralel cu întreg braţul RC. Dacă această capacitate este bine definită şi constantă, ea poate fi echilibrată prin capacitatea γ', montată în acest scop în paralel pe C_x.

10. *Exemplu de punte de radio frecvenţă.* Ca o aplicare a tot ce s'a expus până acum, vom da exemplul unei punţi utilizată în radio frecvenţă. Precum se vede în fig. 14, *a*, puntea are toate elementele bine ecranate, pentru a se evita cuplajele parazite şi pentru a stabiliza admitanţele parazite faţă de masă. Ecranele ce înconjoară pacitatea faţă de masă a ecranelor E_1 şi E_2 vine în paralel cu intrarea punţii astfel încât nu modifică condiţia de echilibru.

Diagonala detector are un transformator ecranat. Ecranul ei, E_4, prezintă o capacitate faţă de masă, C_c, care vine în paralel cu braţul în care se montează impedanţa necunoscută. De această capacitate trebue să se ţie seama. O altă capacitate parazită e dată de ecranul E_3 al capacităţii etalon C; să notăm această capacitate cu C_a. Ea poate fi compensată cu ajutorul unei capacităţi mici reglabile dispuse între punctul C şi masă, adică în paralel cu C_s.

Modul de lucru cu această punte depinde după cum utilizăm puntea direct ca punte cu raport unitate, sau utilizăm la ea metoda substituţiei. Dacă se utilizează metoda substituţiei, se procedează astfel: impedanţa necunoscută se dis-

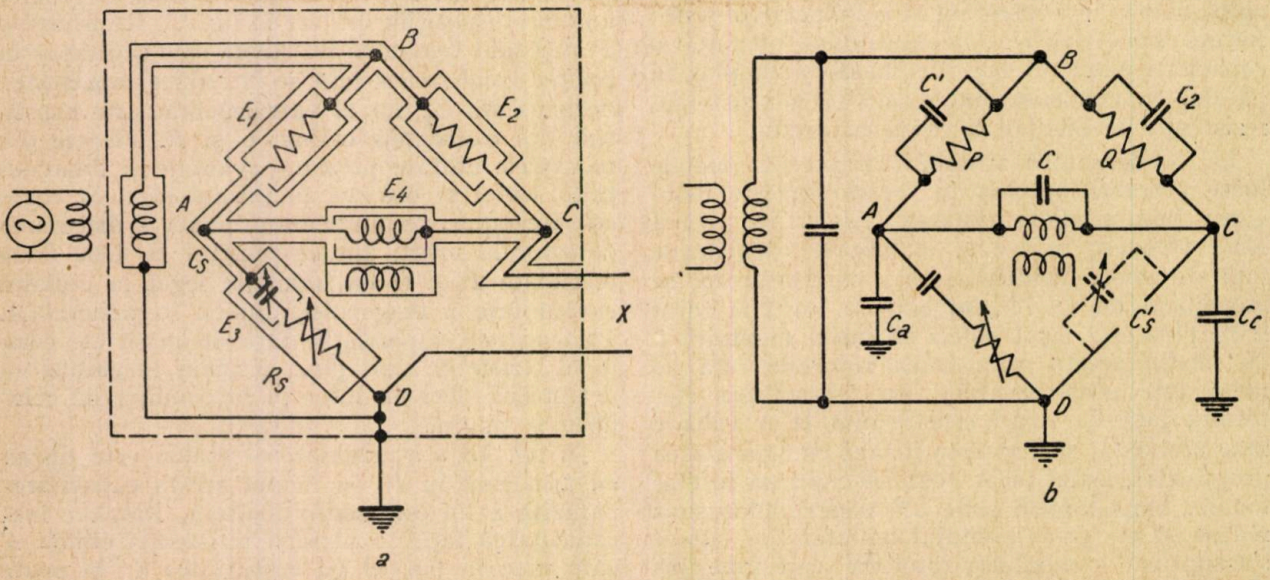


Fig. 14. *a* — schema principială a unei punţi de radiofrecvenţă; *b* — schema echivalentă în care se arată capacităţile parazite.

pune în braţul etalon, luând $R_s = 0$, şi punând pe C_s la o valoare convenabilă. Echilibrul se obţine cu ajutorul unei capacităţi şi a unei rezistenţe convenabile plasate în braţul X. Impedanţa necunoscută se îndepărtează apoi, iar componentele sale rezistive şi reactive se determină din variaţia elementelor din braţul etalon, necesare pentru obţinerea din nou a echilibrului. Impedanţa necunoscută se dispune în braţul etalon în serie sau în derivaţie, după cum reactanţa necunoscută este mai mare sau mai mică decât reactanţa pe care o prezintă condensatorul etalon la frecvenţa de lucru.

Dacă lucrează ca o punte cu raport unitate, se procedează mai întâi la o echilibrare preliminară, necunoscuta fiind deconectată, şi R_s nulă. Echilibrarea se obţine variind capacitatea C_c. In modul acesta se compensează puntea. Necunoscuta se conectează apoi în braţul X şi puntea se echilibrează în mod normal. Dacă impedanţa necunoscută este inductivă, ea se transformă în una capacitivă punându-i în paralel o capacitate cunoscută C_s' care se vede punctat în fig. 14, *b*. O precauţiune specială ce se ia la această punte de radio frecvenţă pentru a menţine etalonarea condensatorului şi în înaltă frecvenţă, constă în a compensa şi inductanţa serie a conexiunilor şi armăturilor condensatorului, cu ajutorul unei inductanţe variabile L' ce se dispune în serie în braţul X. în modul acesta condiţiile de compensare sunt în număr de trei

$$C_1 = C_2 \qquad C_a = C_c \qquad L = L'. \quad (7)$$

Ca sursă de alimentare a punţii se utilizează de preferinţă un generator de semnal standard, care e bine ecranat, dar se poate utiliza cu succes orice generator modulat care este ecranat cu îngrijire. Ca detector de nul se foloseşte un receptor de radio.

Tipurile de punţi de înaltă frecvenţă care se găsesc în comerţ lucrează în general între 500 000 şi 4 000 000 Hz. Ele pot măsura unghiuri de pierderi cuprinse între 0,005% şi 3%, şi permit măsuri directe de rezistenţe până la 111 Ω şi de capacităţi până la 1 150 μμF. Precizia măsurătorilor este de circa 1% până la 1 HzM şi scade progresiv cu frecvenţa, ajungând la 5% la 5 MHz; precizia depinde însă foarte mult de îndemânarea operatorului, de cât de bine s'a compensat puntea înainte de a proceda la măsurătoare, etc.

Punţile de radio frecvenţă îşi găsesc aplicaţii mai ales în măsurători ce se fac asupra antenelor şi a liniilor de transmisiuni. Ele se utilizează de asemenea şi în măsurarea inductanţelor şi a capacităţilor, mai ales prin metode de substituţie.

11. *Măsurarea antenelor de emisie cu ajutorul punţii de înaltă frecvenţă.* Punţile de înaltă frecvenţă sunt consacrate la măsurătorile ce se efectuează la sistemele de antene de emisie. Pentru a explica acest vast câmp de utilizare, să considerăm un sistem directiv format din două antene, aşa cum se vede în fig. 15, alimentate dela un emiţător comun, prin două linii de alimentare, L_E şi L_W. Intre antene şi linii sunt dispuse reţele de adaptare, pentru a nu exista pe linii unde staţionare, care micşorează randamentul transmisei. De asemenea, pentru a obţine o caracteristică de radiaţie convenabilă, curenţii în cele două antene sunt defazaţi cu ajutorul reţelelor defazoare Φ.

In reglarea sistemului de antene, principalele măsurători ce se efectuează sunt:

a) determinarea rezistenţei şi reacţanţei de intrare a fiecărei antene, la frecvenţa de lucru;

b) determinarea impedanţei caracteristice a liniilor;

c) determinarea impedanţei pe care se termină fiecare linie (impedanţa de intrare în reţeaua de adaptare);

d) determinarea impedanţei de intrare a liniei terminate pe reţeaua adaptoare;

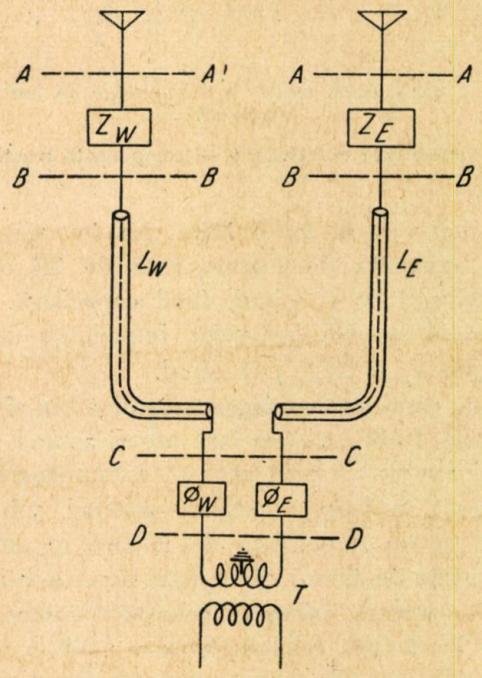


Fig. 15. Planul de situaţie a unui sistem directiv format din două antene E şi W; Z_E şi Z_W sunt reţetele de adaptare; L_E şi L_W linie de alimentar, iar Φ_E şi Φ_W reţelele defazoare; T este transformatorul de cuplaj între reţelele defazoare şi emiţător.

e) determinarea impedanţei caracteristice a reţelelor de defazare;

f) determinarea impedanţei de intrare în reţeaua defazoare, când aceasta are conectat întreg sistemul.

Cum toate aceste măsurători se pot efectua şi se efectuează cu puntea de radio frecvenţă, vom descrie pe scurt modul în care se efectuează:

a) *Impedanţa de intrare a antenei* se determină secţionând sistemul în $A - A$ şi măsurând impedanţa între antenă şi pământ, la bornele ce vin la reţeaua de adaptare Z. O singură măsură efectuată la frecvenţă de lucru este în general suficientă, însă este preferabil a ridica o carac-

teristică de frecvenţă a impedanţei de intrare, pentru a vedea dacă nu există vreo acţiune perturbatoare produsă de ancorele de susţinere a antenei, sau alte rezonanţe nedorite pe armonicele frecvenţei alocate staţiei. O caracteristică tipică de frecvenţă a unei antene se vede în fig. 16.

Se observă că antena prezintă o rezonanţă serie la frecvenţele de 0,685 şi 1,715 MHz, şi o rezo-

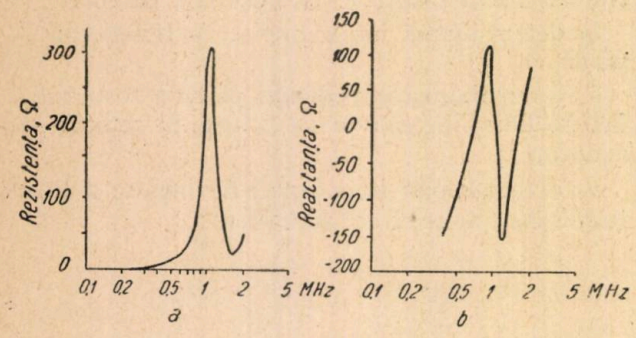


Fig. 16. Impedanţa de intrare a unei antene, în funcţie de frecvenţă:

a — componenţa rezistivă; *b* — componenta reactivă.

nanţă derivaţie la 1,070 MHz. La frecvenţa de lucru, rezistenţa de intrare este de 20 ohmi, iar reactanţa de 41 ohmi, fiind capacitivă. Rezultă că la această frecvenţă, impedanţa de intrare este $Z_A = 20 - j\,41$ ohmi.

Atunci când antena face parte dintr'un sistem de antene, trebue să fim însă atenţi asupra unui fapt, şi anume că prin această măsurătoare s'a determinat rezistenţa proprie antenei sub încercare, şi nu impedanţa de intrare în antenă în condiţiile de lucru, care poate avea o valoare diferită, datorită influenţii celorlalte antene din sistem. Dacă însă celelalte antene sunt la o distanţă suficient de mare, influenţa lor e mică. Verificăm aceasta, observând variaţia ce se produce asupra impedanţei de intrare a antenei, atunci când celelalte antene vecine sunt lăsate la bază în gol, sau sunt puse în scurt circuit. In general variaţia ce intervine e mică şi poate fi neglijată, fiind sub un ohm, ceeace nu modifică apreciabil condiţiile de adaptare dintre linie şi antenă.

b) *Determinarea impedanţei caracteristice a liniei de alimentare* se face foarte simplu cu puntea, măsurând impedanţa de intrare a liniei odată în gol, şi odată în scurt circuit, sistemul fiind întrerupt în $B-B$ şi în $C-C$. Din cele două măsuri determinăm impedanţa caracteristică cu formula

$$Z_0 = \sqrt{Z_{sc} Z_{oc}} \qquad (8)$$

La o linie având impedanţa caracteristică indicată de fabrică de 65 ohmi, s'a determinat o impedanţă caracteristică de $65{,}4 - j\,0{,}65$ ohmi.

c) *Reţeaua de adaptare* este proectată pentru a lucra între impedanţele $65+j\,0$ şi $20-j\,41$. Ea se prezintă ca în fig. 17. Puntea de radio frecvenţă se utilizează în primul rând la măsurarea — chiar la frecvenţa de lucru — a elementelor ce compun

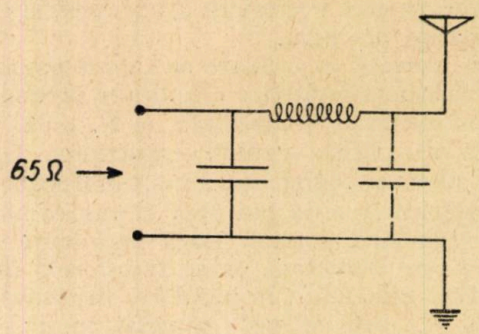


Fig. 17. Reţeaua adaptare utilizată pentru a cupla antena la linia de transmisie. Capacitatea desenată punctat reprezintă reactanţa paralelă a antenei.

reţeaua. Apoi verificăm cu puntea că impedanţa măsurată în punctul $B-B$, deci la intrarea liniei, este chiar impedanţa caracteristică a liniei, antena fiind conectată.

d) *Reţeaua defazoare* este în general de tipul T simetric. Aceste reţele sunt proectate pentru a avea o impedanţă imagine egală cu impedanţa caracteristică a liniei. Proectarea şi ajustarea acestor tipuri de reţele fiind dincolo de scopul acestui articol, nu vom insista asupra acestei chestiuni, dar aplicarea la ele a punţii de radio frecvenţă este asemănător cu cel dela reţelele de adaptare. Se măsoară mai întâi elementele

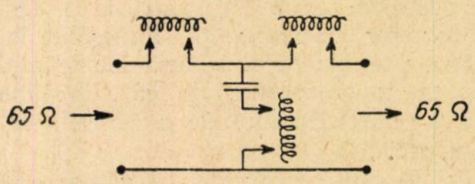


Fig. 18. Exemplu de reţea defazoare.

constituind reţeaua, iar impedanţa caracteristică a reţelei se determină din două măsurători: una în gol şi una în scurt circuit. Ultima măsurătoare se face măsurând impedanţa în punctul $D-D$, unde desigur că pentru o bună echilibrare trebue să găsim tot $65+j\,0$ ohmi.

După reglarea sistemului radiant, el trebue controlat periodic; o măsurătoare în punctul $D-D$

este în general suficientă pentru a ne arăta că sistemul se află în bune condiţiuni.

Bibliografie

(1) *Smirenin*: Spravocinic po radio tehniche. Moscova-Leningrad, 1950.
(2) *Balihin A. K.*: Radioizmereniia. Moscova, 1949.
(3) *Remez, Itkin*: Radioizmereniia i radioizmeritelnaia aparatura. Moscova, 1948.
(4) *Şircov V. V.*: Curs osnoviix radiotehniceschih izmerenii. Sviazisdat, 1940.
(5) *Termen F.*: Radioizmereniia. Sviazradioizdat, 1938.
(6) *Ghinchin G. G.*: Spravocinic po radiotehniche. Obornoghiz, 1939.
(7) *Bajanov S. A.*: Radiolubitelschie izmereniia. Sviazisdat, 1941.

★

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МОСТИКИ РАДИОЧАСТОТ

Резюме

Измерительные мостики радиочастоты — инструмент, который нашел широкое применение. Он особенно полезен тем, что является инструментом, который непосредственно указывает величину импульса в цепи в любой момент.

Модель, обычно употребляемая, спроектирована для работы до 5 MHz, но так как эта частота мала в сравнение с частотой, употребляемой в настоящее время в радиотехнике, то были изготовлены мостики, которые будут работать до 60 MHz.

Ясно, что работа с этим последним представляет больше затруднения и требует от оператора специальную подготовку.

Кроме непосредственного измерения сопротивления, индуктивности и емкости в радиочастоте мостики высокой частоты находят широкое применение в области измерения антен, передаточных линий и цепей, употребляющихся в светопропускающих системах и приспособлениях, сдвига фаз и т. д.

Принимая во внимание все эти многочисленные применения, измерительные мостики радиочастоты остаются ценным инструментом в лаборатории и эксплоатации.

★

DIN EXPERIENŢA U. R. S. S.

STINGEREA AUTOMATĂ A INCENDIULUI IN MAŞINI ELECTRICE PRIN APĂ PULVERIZATĂ*)

Ing. A. G. ADOIAN

Incendiile sunt rare la maşinile electrice, dar pricinuesc avarii grave. Totuşi, astăzi, nu există metode universale simple şi accesibile pentru stingerea automată a unor astfel de incendii.

Stingerea incendiului în generator, prin introducerea automată de gaz CO_2, nu se întrebuinţează de obiceiu în centrele electrice. Instalaţiile cu CO_2 sunt puţin eficace, după cum arată experienţa; în cazuri de scurt-circuit în generator, sistemul de răcire închis se defectează, în caz de avarii, se defectează uşile camerelor de răcire, ferestrele, etc. In afară de aceasta, aceste instalaţii sunt complicate, necesită o îngrijire deosebită, precum şi o reînoire periodică a rezervei de gaz.

In anii 1938—1939, s'au făcut din iniţiativa autorului experienţe de stingere a incendiului unui transformator cu ulei prin apă pulverizată, la o centrală hidro-electrică. Rezultatele bune ale acestor experienţe au condus la fabricarea şi propunerea mijlocului de stingere a incendiului hidrogeneratorilor prin apă pulverizată.

Particularitatea şi diferenţa esenţială a stingerii incendiului prin apă pulverizată, faţă de stingerea incendiului prin vână directă de apă, constă în următoarele: apa pulverizată intrând în zona focului se evaporează repede, luând focului o cantitate imensă de căldură pentru vaporizare; vaporii formaţi cuprind focarul din toate părţile şi opresc pătrunderea aerului la el. Datorită acestei situaţii, apa pulverizată stinge rapid şi efectiv incendiile mari ale materialelor inflamabile, în timp ce astfel de incendii se sting foarte greu prin vâne obişnuite de apă. Se dă mai jos descrierea sumară a construcţiei instalaţiilor de stingere automată a incendiilor maşinilor electrice prin apă pulverizată.

PULVERIZATORI DE APĂ

Sunt multe construcţii de pulverizatori de apă, dar pentru stingerea incendiilor maşinilor electrice sunt foarte potriviţi pulverizatorii mecanici centrifugali. In fig. 1 este arătat pulverizatorul încercat prin experienţele amintite de stingerea incendiului transformatorului cu ulei. El constă din trei părţi confecţionate din orice metal sau masă plastică. Corpul 1 are într'o parte (pe figură în partea dreaptă) o gaură cu filet pentru racordarea la o conductă obişnuită de gaz, iar pe partea cealaltă, un tub cilindric pentru aşezarea fixă a corpului 2 şi o scobitură pentru prinderea piesei 3 (fig. 1). Piesa 2 reprezintă un cilindru plin având un filet cu 3 începuturi pe suprafaţa sa exterioară.

*) Din „Electriceschie Stanţii", 5 (1950).

Principiul de funcţionare a pulverizatorului constă în următoarele: apa intră sub presiune din conductă în corpul pulverizatorului (după direcţia indicată de săgeată), se scurge pe canalele piesei filetate şi capătă o mişcare de înaintare prin rotire. Ieşind din orificiul îngust al piesei 3, sub influenţa forţei centrifuge, apa se pulverizează şi formează un nor de formă conică.

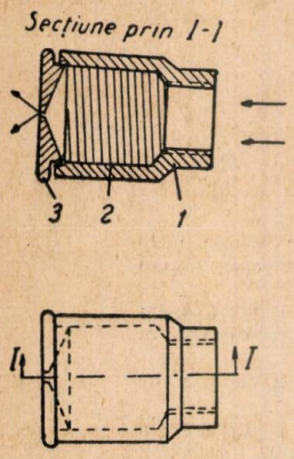


Fig. 1. Pulverizatorul.

Efectul de pulverizare şi dimensiunile conului depind de dimensiunile piesei 2 şi a găurii piesei 3, şi de presiunea apei.

Pentru un diametru al piesei 2 de 10...12 mm şi pentru un diametru al orificiului piesei 3, de 1,0...1,6 mm pulverizatorul dă rezultate bune, pentru o presiune de 0,4...0,6 at. Pulverizatorii întrebuinţaţi în experienţe au funcţionat la presiuni de 3...5 at şi au avut un diametru al piesei 2 de 25 mm, iar diametrul orificiului de 2,5...3 mm.

Pentru stingerea incendiului în generatori este mai indicat să folosim pulverizatori de dimensiuni mici. Aşezându-i unul în apropierea celuilalt, se pot obţine dimensiunile voite ale norului de apă pulverizată.

Alegerea cea mai apropiată a dimensiunilor pulverizatorului, confecţionarea şi încercarea lor se pot face la centrala hidroelectrică. Pericolul de astupare a pulverizatorilor va fi evitat, dacă sistemul de stingerea incendiului va fi alimentat cu apă filtrată, sau dela reţeaua de apă, sau dela un rezervor intermediar separat.

MODUL DE INTRODUCEREA APEI PULVERIZATE IN MAŞINĂ

Corespunzător construcţiei maşinii protejate, în interiorul acesteia se dispune din timp o conductă inelară cu alimentare din două părţi şi cu pulverizatori fixaţi de ea. Numărul pulverizatorilor, poziţia lor unul faţă de altul şi distanţa lor faţă de bobine se aleg pe cale experimentală pentru fiecare tip de maşină, după presiunea apei, sistemul de răcire, sau după alte particularităţi ale centralei.

La alegerea schemei de aşezarea pulverizatorilor, trebue să ţinem seamă de acţiunea sistemului de ventilaţie asupra răspândirii norului de apă pulverizată prin maşină, deoarece acestea trebue să pătrundă în toate părţile maşinii expuse încendiului.

Ţinând seama de eficacitatea stingerii incendiului prin apă pulverizată, timpul de pulverizarea apei poate fi redus la numai 1...2 min. E de dorit, ca să se precizeze experimental această dată.

SCHEMA CONDUCERII APEI CĂTRE PULVERIZATOR[2])

Pentru conducerea automată (sau manuală) a apei către pulverizatori se poate folosi una din următoarele două scheme.

Potrivit primei scheme (fig. 2, *a*) pentru alimentarea inelului 9, cu pulverizatorii (10), se prevede rezervorul 1 cu o cantitate necesară de apă pentru o stingere de incendiu. Rezervorul 1 este alimentat prin plutitorul 2—3, din conducta sub presiune 5 cu ventilul manual, în mod normal puţin deschis pentru alimentarea continuă a rezervorului cu apă proaspătă. Prisosul de apă din rezervor, se scurge prin conducta 4. Suspensiile conţinute în apă, se depun în partea de jos a rezervorului şi sunt îndepărtate la curăţirile periodice.

Rezervorul 1 se aşează mai jos de nivelul la care este dispus inelul 9. Pompa 6, acţionată de către electromotorul 7 de curent continuu sau alternativ, asigură trimiterea apei prin conducta 12 spre pulverizatori.

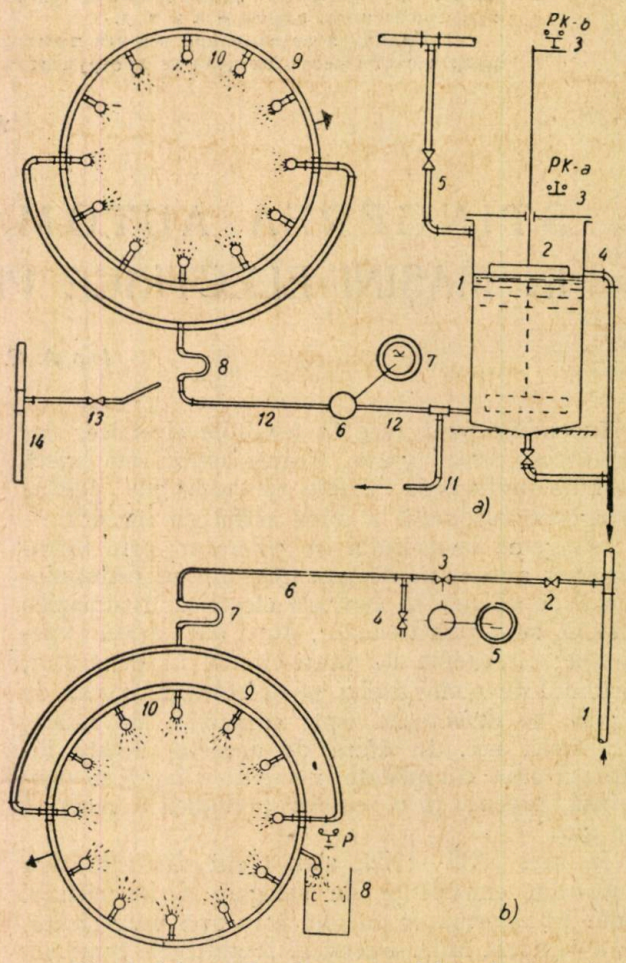


Fig. 2. Schema de aducerea apei la pulverizatori.

Pentru a putea lega inelul 9 de conducta principală 14 cu ventilul de mână 13 este prevăzut un racord de cauciuc 8.

Alimentarea restului de maşini ale centralei hidroelectrice se face dela acelaşi rezervor prin

[2]) Certificatul autorului Nr. 79271 pe numele A. G. Adoian.

conducta principală 11. Rezerva necesară de apă F, poate fi determinată după formula în litri

$$Q = q \cdot n \cdot t,$$

în care: n — numărul pulverizatorilor;
q — debitul mediu de apă prin fiecare pulverizator, l/s;
t — durata stingerii incendiului.

După cum au arătat experienţele de stingere ale transformatorilor cu ulei, debitul de apă pentru stingerea incendiului cu o suprafaţă a focului de 10 m², reprezintă 20...30 l la o presiune de 5 at, întreaga cantitate de apă mergând asupra focului. Prin urmare, pentru stingerea incendiului maşinilor electrice, rezerva de apă, după aparenţă nu va depăşi 10...12 l/m², de suprafaţă a maşinii electrice expusă incendiului. In mod practic pentru hidrogeneratorii cei mai mari, un rezervor de capacitate 1,0...1,2 m³ este întru totul suficient.

In schema doua (fig. 2, *b*), este prevăzută folosirea conductei de apă sau a conductei principale de incendiu pentru alimentarea prin conducta 6 şi racordul de caucuc 7, a inelului 9 pe care sunt fixaţi pulverizatorii. Ventilul 2 serveşte pentru reparaţii. Ventilele 3 şi 4 au o acţionare comună dela electromotorul de curent continuu 5, care asigură deschiderea unuia şi închiderea celuilalt în mod simultan. Când există o presiune suficientă a apei în conducta principală 1, ne putem lipsi de acţiunea electromotorului asupra ventilului 4, lăsând pe acesta puţin deschis pentru evacuarea pierderilor mici de apă, prin neetanşeităţile ventilului 3. Rezervorul 8 cu plutitor, serveşte pentru oprirea intrării apei după trecerea timpului stabilit. Restul schemei se înţelege din desen.

SCHEMELE ELECTRICE DE REGLARE AUTOMATĂ A CONSTRUCŢIILOR DE STINGEREA INCENDIULUI

Ca aplicaţie la schemele descrise ale conductelor de apă, sunt construite scheme automate, reprezentate în fig. 3. Comanda pentru pornire a instalaţiilor de stingere automată a incendiului este dată de către contactele *P*3 ale releului de protecţia maşinii contra deteriorărilor interioare, sau de către un alt tip de releu, care acţionează în caz de producerea incendiului (fotoreleu, termoreleu şi altele).

Prima schemă (fig. 3) este foarte simplă şi constă din următoarele: Electromotorul *M* al pompei este pus în funcţiune prin contactorii *KM*, imediat ce se închid contactele *P*3, dacă în rezervorul 1 (fig. 2, *a*) este apă care să menţină închise contactele plutitorului *PK-a*.

După cuplare, *KM* se blochează singur prin contactele *KM-a* şi se decuplează numai după coborîrea nivelului apei în rezervorul 1, până la decuplarea contactului plutitorului *PK-a*. La nevoie, contactul *PK-b* dă impulsul corespunzător semnalului de închidere a tubului de scurgere 4.

In schema a doua (fig. 3, *b*) la închiderea contactului *P*3 la poziţia închisă a contactului de capăt *K*3-*a* şi poziţia închisă a ventilului 3 (fig. 2, *b*), bobină *KMO* este pusă în funcţiune de

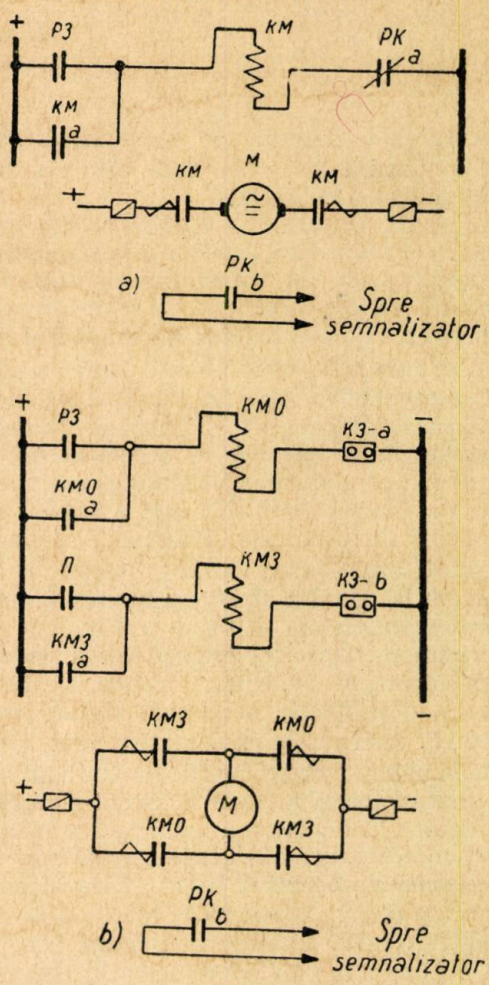


Fig. 3. Schemele principale de automatizare.

către curent şi cuplează contactorul de pornire a motorului 5 în direcţia de deschidere a ventilului 3 şi de închidere a ventilului 4. Contactorul se blochează singur prin bloc-contactele sale *KMO-a*, până la deschiderea contactului *K*3-*a*. In decursul timpului determinat, apa scursă din pulverizatorul de control umple rezervorul 8 cu contactele plutitoare, închiderea contactelor *P* produce închiderea *KM*3 şi pornirea motorului în direcţia de închidere a ventilului 3 şi deschiderea ventilului 4. Restul detaliilor schemei se înţeleg din figură.

Concluzii. Construcţiile studiate şi schemele electrice de stingere automată a incendiului maşinilor electrice prin apă pulverizată sunt simple şi sigure.

Trebue să remarcăm necesitatea găsirii unor construcţii speciale simple, funcţionând fără greş în cazul incendiilor în maşini şi care să acţioneze în mod automat asupra pornirii instalaţiilor de stingerea incendiilor descrise aici.

★

MĂSURAREA CURENTULUI DE SCURT-CIRCUIT LA PĂMÂNT*)

I. A. SÂROMNIATNIKOV
Candidat în Ştiinţele Tehnice

Măsurarea curentului de scurt circuit monofazic la pământ se poate face printr'o metodă directă sau una indirectă.

In metoda directă, pe o linie scoasă de sub tensiune, una din faze este pusă la pământ după întreruptor, printr'un transformator reductor de intensitate cu un coeficient de transformare corespunzător. Apoi se închide întreruptorul acestei linii şi se măsoară curentul de punere la pământ cu un ampermetru legat în circuitul secundar al transformatorului reductor. După efectuarea măsurătorilor, întreruptorul se deschide. Deoarece în acest caz nu este exclusă producerea unei alte puneri la pământ pe o altă fază a reţelei, se vor lua măsuri de precauţie şi anume : se va pune la pământ faza pe care există protecţie ; aparatul de punere la pământ şi transformatorul reductiv de intensitate trebue să fie de construcţie solidă şi calculate la curentul trifazic de scurt-circuit, iar întreruptorul feederului trebue să fie prevăzut cu o protecţie maximală instantanee.

In cazul unei reţele exploatate corect, punerea directă la pământ a unei faze nu prezintă primejdie.

Se poate folosi şi metoda indirectă a cărei principiu constă în deplasarea artificială a neutrului. Intre punctul neutru al generatorului sau transformatorului şi pământ se leagă un transformator, a cărui izolaţie va corespunde tensiunii nominale a reţelei. Această condiţie se impune prin aceea că, la o punere la pământ în reţea în timpul măsurii, punctul neutru al transformatorului va primi tensiunea pe fază a reţelei.

Tensiunea de deplasare a neutrului trebue să fie aleasă astfel, încât curentul de punere la pământ care apare să se poată măsura cu aparatele disponibile. Curentul nominal al acestui transformator va corespunde aproximativ curentului de punere la pământ aşteptat la tensiunea aleasă de deplasare a neutrului.

Ţinând seama de faptul că durata măsurătorii este foarte scurtă, se poate admite o supraîncărcare a înfăşurării transformatorului.

Schema principală a măsurătorii este dată în fig. 1. Măsurarea curentului de punere la pământ se face cu ajutorul unui transformator reductor de intensitate, iar măsurarea tensiunii, cu un voltmetru legat în circuitul primar al transformatorului 1, sau în circuitul secundar, cu ajutorul unui transformator de tensiune.

Tensiunea aplicată transformatorului trebue să fie sinusoidală.

In cazul când generatorul are neutrul legat la o rezistenţă ohmică, transformatorul pentru deplasarea punctului neutru se leagă între această rezistenţă şi pământ. In acest caz, la o punere la pământ în reţea, apariţia unei înalte tensiuni între punctul neutru şi pământ nu va prezenta un pericol pentru transformatorul 1, introdus pentru deplasarea punctului neutru, deoarece curentul de punere la pământ va fi limitat de către rezistenţa ohmică. In acest caz, transformatorul pentru deplasarea punctului neutru poate să fie de tensiune redusă. Schema măsurătorii respective este dată în fig. 2. Se dă mai jos un exemplu pentru alegeea aparatelor.

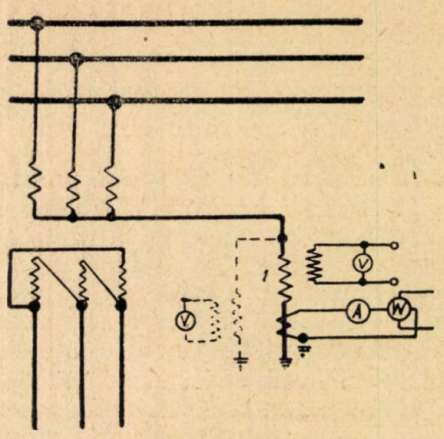


Fig. 1. Schema principială de măsurare a curentului de punere la pământ prin deplasarea artificială a neutrului transformatorului.

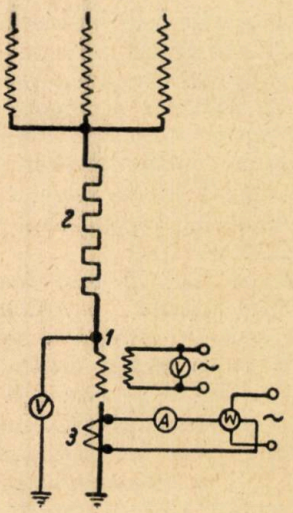


Fig. 2. Schema principială de măsurare a curentului de punere la pământ prin deplasarea artificială a neutrului generatorului.

Trebue deci să se aibă în vedere că la întrebuinţarea metodei de deplasare a punctului neutru, măsurarea curentului trebue să se facă în afară

*) Din „Electriceschie, Stanţii", 5 (1951).

de ampermetru și cu ajutorul unui watmetrul din cauza armonicelor superioare între neutru, generatorului sau transformatorului și „pământ". Circuitul de curent al watmetrului se leagă în circuitul înfășurării secundare a transformatorului reductor de intensitate 3, iar la bobina de tensiune se aplică o tensiune sinusoidală separată dela un regulator de fază, prin rotația căruia se atinge deviația maximă a watmetrului.

Curentul produs de către tensiunea armonicei fundamentale a tensiunii de deplasare în firul neutru, se determină după formula:

$$I_{măs} = \frac{P_m}{U}$$

unde: P_m este indicația maximă a watmetrului, W;

U — tensiunea aplicată, luată dela regulatorul de fază, V.

In lipsa unui regulator de fază, curentul de punere la pământ se poate determina din diagrama vectorială.

In acest caz, la bornele bobinei de tensiune a watmetrului, se aplică consecutiv 2 sau 3 tensiuni între faze luate dela o sursă separată.

Determinarea curentului real de punere la pământ, cu ajutorul curentului măsurat după schema din fig. 1, se face după formula:

$$I = I_{măs} \frac{U_f}{\sqrt{3}\, U_d}$$

unde: $I_{măs}$ este curentul de punere la pământ măsurat, A;

U_f — tensiunea de exploatare între fazele rețelei, V;

U_d — tensiunea de deplasare a punctului neutru la măsurare, V.

Curentul măsurat cu ampermetrul dă valoarea eficace a curentului, inclusiv toate armonicele.

La efectuarea măsurătorii după schema reprezentată în fig. 2, curentul capacitiv de punere la pământ se calculează după formula:

$$I = \frac{U_f}{\sqrt{3\left[\left(\frac{U_d}{I_{măs}}\right)^2 - R^2\right]}}$$

unde R este rezistența în neutrul generatorului, Ω.

Exemplu de alegere a aparatelor pentru măsurarea curentului de punere la pământ. Din calcule rezultă că o rețea cu o tensiune de funcționare de 6,6 kV are un curent de punere la pământ de 25 A. Pentru deplasarea punctului neutru, se ia un transformator de încercare monofazat de 10 kVA, 6 000/220 V. Aplicând la înfășurarea de joasă tensiune a acestui transformator 12 V dela un transformator de 500 VA, 220/12 V, vom obține pe partea de înaltă tensiune 330 V. Curentul de punere la pământ pentru această tensiune va fi de ordinul

$$25 \frac{330\sqrt{3}}{6\,600} = 2{,}16 \text{ A}$$

valoarea acestui curent este numai cu 30% mai mare decât curentul nominal al transformatorului.

Pentru deplasarea punctului neutru se pot utiliza și transformatorii obișnuiți de forță.

Metoda descrisă a fost întrebuințată de către autor în Azenergo pentru măsurarea curentului de punere la pământ a serviciilor interne ale centralei hidro-electrice „Krasnaia Zvezda".

★

RECENZII

BOGORODIŢCHI P. N., PASANCOV V. V., TAREEV M. B.: *Materiale folosite în industria electrotehnică*. Traducere din limba rusă. Editura Tehnică, 1952.

A apărut de curând în traducere lucrarea de faţă consacrată problemelor atât de importante ale materialelor electrotehnice.

Desvoltarea rapidă a electrificării ţării noastre este strâns legată de problema creării unei industrii a materialelor electrotehnice de bună calitate, care să poată satisface pe deplin cerinţele tehnice moderne şi prezenta lucrare împreună cu lucrarea lui B. M. Tareev „Materiale electrotehnice" publicată anul trecut, vine să suplinească într'o oarecare măsură lipsa unei literaturi tehnice de specialitate în acest domeniu.

Cartea este un manual didactic şi a fost scrisă pentru a fi folosită de elevii şcolilor superioare electrotehnice şi energetice, dar ea poate fi cu folos consultată de toţi cei ce utilizează în activitatea lor zilnică materiale electrotehnice.

Lucrarea este împărţită în două părţi: 1) materiale electroizolante şi 2) conductori, semiconductori electrici şi materiale magnetice.

După o scurtă introducere în care se dau noţiuni foarte sumare despre structura atomului şi a moleculei şi stările corpurilor, se tratează în capitolul I polarizarea dielectricilor. Se descrie aici acţiunea unui câmp electric asupra dielectricilor, diferitele feluri de polarizare a corpurilor dielectrice, clasificarea dielectricilor în funcţie de felul polarizării, constanta dielectrică a gazelor, a dielectricilor lichide şi a celor solide şi metodele de măsurare a constantei dielectrice a materialelor izolante.

Capitolul II tratează despre conductivitatea dielectricilor (gazoase, lichide şi solide) şi metodele de măsurare a rezistenţei izolaţiei şi a rezistivităţii dielectricilor, iar cel următor este consacrat pierderilor de energie în corpurile dielectrice.

După câteva noţiuni fundamentale se trece la studierea pierderilor dielectrice în gaze, în corpurile dielectrice lichide şi solide şi descrierea metodelor folosite pentru măsurarea acestor pierderi (metodele cu punţi, cu rezonanţă şi metoda cu tubul de raze catodice folosit la încercarea corpurilor seignetto-electrice, adică a substanţelor cristaline cu reţele ionice).

In Cap. IV se descrie fenomenul de străpungere a dielectricilor, cauzele care dau naştere la acest fenomen şi mijloacele folosite pentru încercarea dielectricilor la străpungere.

Cap. V este consacrat descrierii proprietăţilor mecanice şi fizico-chimice ale materialelor electroizolante.

Materialele electroizolante organice (dielectrice lichide, ceroase, mase plastice, cauciuc, etc.) şi materialele electroizolante anorganice (ceramica electrotehnică, sticla, asbestul etc.) sunt descrise în capitolele următoare.

Ultimul capitol este consacrat descrierii conductorilor electrici de bobinaj şi a cablurilor electrice de forţă.

Partea a doua a cărţii începe cu descrierea conductorilor electrici (structura şi caracteristicile fundamentale ale conductorilor electrici, materiale de înaltă conductivitate şi metale şi aliaje de mare rezistenţă electrică).

In capitolul X se descriu semiconductorii (cărbune electrotehnic şi semiconductori cu destinaţie specială), iar în ultimul capitol materiale magnetice (materiale magnetice moi, aliaje de diferite compoziţii cu proprietăţi speciale, materiale feromagnetice de înaltă frecvenţă, etc.).

Cartea are unele lipsuri, dintre care cea mai gravă o constitue fără îndoială nenumăratele greşeli tipografice (în special în formule) care nu sunt semnalate în erată şi care duc la interpretări greşite ale rezultatelor.

★

REVISTA REVISTELOR

ELECTRICESTVO

Electricitate

6 (1952)

C. A. Crug (necrolog şi date biografice). Pentru o legătură mai strânsă a oamenilor de ştiinţă cu producţia. *Arhipov N. C.*: Despre pierderile şi reglarea tensiunii în reţelele electrice urbane. *Necrasov M. N.*: Reviziile periodice la izolatorii de înaltă tensiune. *Andrianov B. Nt. Pcataev A. I.* Despre reglarea puterii centralei eoliene. *Sorocher T. G., P. I. Gorojevschii*: Calculul câmpurilor magnetice în întrefierul maşinii sincrone cu polii expliciţi. *Ivahnenco A. Gh.*: Reglajul automat al vitezei motoarelor asincrone, trifazice în scurt circuit. *Barschii S. Z.*: Resurse pentu mărirea preciziei de reglaj static la comenzile electrice automatizate. *Chireev Gh. A.*: Despre analiza protecţiei rotorului generatorului contra punerilor la pământ. *Sirota P. M.*: Curenţii de desechilibru al reductorilor de intensitate cu secvenţa monopolară. *Medvedev C. S.*: Măsurarea unghiului dielectric critic în cazul acţiunii simultane a tensiunii continue şi alternative. *Cuicaev D. S.*: Aparate electrice de uz casnic *Conciarovschii S. A.*: Element emiţător de electroni, cu deplasări mici. *Furstenberg A. I.*: Măsurarea capacităţii cu ajutorul conexiunii diferenţiale cu redresori. *Manaev E. Ii*: Durata impulsului produs de circuitul în montaj catodic. *Belchind L. D.*: 150 ani dela experienţele lui V. V. Petrov cu arcul electric — 29 (17) Mai 1802. *Grudinschi I. G.*: Centrala electrică Kaşirsk. *Sneidman Ia. S.*: Privitor la articolul lui N. N. Cracicovschi „Câteva probleme asupra schemelor de comutaţie în reţelele de înaltă frecvenţă". Utilajul electric al unei clădiri înalte. Alimentarea centrală a instalaţiilor de încălzire cu curenţii de înaltă frecvenţă. Recoacerea filetelor cu curenţi de înaltă tensiune. *Petrov N. Gh., Pozulschin N. N.*: Aprinderea instantanee a lămpilor luminescente. *Levit Gh. I.*: Plenara conducerii VNITOE din Cuibâşev. *Socolov M. V.*: Problemele tehnicei de iluminat la marile construcţii ale comunismului. *Culebachin P. A.*: şi alţii: Profesor P. F. Fedorov. *Satelen M. A.* şi alţii: Savantul electrician şi academician rus Vladimir Fedorovici Mitchevici. *Sirotinschii*: M. C. Polivanov (25 de ani dela moartea lui). *Lomonosov V. I.*: Electrotehnica în culori şi desene. Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicei şi energiei electrice.

ELECTRICESCHIE STANŢII

(Centrale electrice)

6 (1952)

Scrisoarea muncitorilor, muncitoarelor, inginerilor, tehnicienilor şi funcţionarilor dela centralele şi sistemele energetice ale Moscovei, către tovarăşul Stalin. Scrisoarea muncitorilor, muncitoarelor, inginerilor, tehnicienilor şi funcţionarilor de pe şantierul marii centrale electice orăşeneşti raionale din Curabovsc a Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. către tovarăşul Stalin. *Vasiliev H. S.*: Colectivul centralei electrice orăşeneşti raionale din Caşirsc, în lupta pentru îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici. *Rozenblat B. E.*: Funcţionarea cazanului cu circulaţia forţată, arzând praf de lignit cu granulaţie mare. *Grişuc I. C.*: Tensiuni termice în ţevile condensatorilor. *Morozov S. G., Prohopov F. G.*: Ajustaje cu fantă pentru drenaj. *Zavadschi R. I., Ilin V. A.*: Montajul cazanului PC-10 în blocuri. *Vocselman O. G.*: Despre micşorarea costului construcţiei liniilor de transport de energie electrică. *Cazanschi V. E., Sevcenco V. A.*: Dispozitive tip pentru scoaterea automată de sub sarcină în funcţie de frecvenţă, în caz de avarii la sistemele energetice. *Alecsandrov P. R., Fridland A. S.*: Perfecţionarea scoaterii automate de sub sarcină în funcţie de frecvenţă, cu ajutorul reanclanşării automate. *Calantarov A. V., Nadelison N. G.*:

Variaţia caracteristicilor dielectrice ale izolatorilor de bachelită în funcţie de temperatură. *Bogoslavschi P. V., Necrosov M. M.*: Practica protecţiei împotriva descărcărilor electrice în sistemul energetic, „Ivenergo". *Gailis M. L., Glazov A. P., Rozencnop M. P.*: Practica punerii la punct a reanclanşării automate duble. *Popov I. N., Pronicova M. N.*: Controlul sarcinii asimetrice a generatorului. *Râşacov N. F., Sabelschi M. M.*: Schimbarea acoperişului sălii cazanelor, păstrându-se ca inele în funcţiune. *Acsenov V. I.*: Ridicarea tamburului cazanului. *Bendorschi I. I.*: Mărirea capacităţii de ridicare a podului rulant dela 30 la 50 tone. *Chiseligof Z. N.*: Agregat mobil pentru lucrări de tencuire. *Savcenco C. P.*: Calculul zilnic al preţului de cost în centralele electrice. *Maslovschi E. I., Solnţev C.fV.*: Alimentarea cazanelor care funcţionează fără personal care să supravegheze nivelul apei. *Beirach Z. I.*: Modificarea schemei de reglaj a instalaţiei de reducere a presiunii şi de răcire. *Litincchi M. I.*: O nouă construcţie de presetupă la lagărul exhaustorului. *Crigmont V. D., Suhov A. I.*: Raţionalizarea sistemului de preparare a prafului de cărbune. *Cernâşevfci V. I.*: Defectarea comutatorului de prize a transformatorului. *ghinzburg M. M.*: Dispozitive de sincronizare cu decalaj constant. *Mucatov T. P., Iurovschi G. S.*: Defectarea izolaţiei la bornele de eşire ale transformatorului. *Sipov I. P.*: Troliu pentru cuplarea manuală a acţionării PVS-150. *Vasiliev A. F.*: Mărirea siguranţei în funcţionare a dispozitivului de acţionare dela întrerupători. *Zuli I. M.*: Schemă pentru accelerarea acţiunii protecţiei înainte de reanclanşarea automată. *Liulaev V. C.*: Controlul sincronismului în cazul reanclanşării automate cu ajutorul conductorilor auxiliari. Despre mărirea siguranţei în funcţionare a instalaţiilor de distribuţie de 2 — 10 kV cu bare duble. Despre schimbarea unităţii de măsură a durităţii apei. Carl Adolfovici Crug — Necrolog.

RABOCII ENERGHETIC

(Lucrătorul energetician)

6 (1952)

Vasfliev N. S.: Automatizarea complexă a halei cazanelor în centralele electrice. *Colesnicov V. V.*: Consiliul tehnic în sectorul de montaj. *Cucinschi B. A.*: Mecanizarea muncilor grele la construcţia liniilor electrice de transport. *Grigoriev I. E., Comisarov*: Montarea cablului de paratrăsnet pe linia dublă de 35 kV. *Astahov N. P., Maşinschi V. N.*: Protecţia contra putrezirii pilonilor de lemn ai liniilor electrice de transport. *Mâzdric T. E.*: Ameliorarea funcţionării separatorului de ulei. *Vinogradov L. A.*: Ajustarea suprafeţei de etanşare a armăturilor pentru abur, cu ajutorul transmisiei pneumatice. *Isacov N. V.*: Prelucrarea termică a apei de alimentare în cazanele de locomobile. *Bacheev V. A.*: Dispozitiv pentru injectarea soluţiei de regenerare în filtrul curăţitorului de apă. *Novicov A. C.*: Automatizarea procesului de ardere la focarul cu antecameră. *Larionov G. C.*: Grătar cu cuptor fără răsturnător. *Cruglicov E. S.*: Dispozitiv pentru revizuirea paratrăsnetelor tubulare. *Homeacov M. V.*: Întrebuinţarea emailului de perclorvinil PHV-26 pentru acoperirea izolaţiei de bachelită. *Cucuiaşnâi*: Din experienţa repartiţiei paratrăsnetelor tubulare PT 110-35 kV. *Bogomazov S. F.*: Determinarea locului de deteriorare la cabluri. *Davddov D. P.*: Ameliorarea funcţionării aparatelor electrice pentru analiza gazelor. *Zaloghin N. G.*: Uzarea grătarelor la separatorul de cenuşe cu jaluzele. *Koppel V. M.*: Măsurători de oxigen R.K.20. Corespondenţa cu cititorii.

PROMASLENAIA ENERGHETICA

(Industria energetică)

6 (1952)

Redacţia: Colaborarea creatoare între oamenii ştiinţei şi muncitori în lupta pentru progres tehnic. *Troşin P. V.*: Controlarea permanentă a funcţionării uscătoriilor *Vostrocnutov N. G.*: Despre gradul de precizie al decontării energiei electrice. *Ianuţevici F. P.*: Despre alegerea construcţiei optime a cazanului vertical cilindric cu putere redusă. *Sufman L. I.*: Să adoptăm mai larg sistemele simplificate de pornire a motoarelor sincrone. *Caplan A. A., Ncufcld M. R.*: Confecţionarea manşoanelor de cablu din plumb prin procedeul înmuierii. *Soldalceuco G. F.*: Experienţa utilizării unei instalaţii de condensatori pentru ridicarea cos φ la minele şi carierele combinatului Celiabinscugol. *Vostrocnutov N. G.*: Consultaţii: Despre decontarea energiei electrice. *Petnev L. N.*: Consultaţii, Despre posibilităţile de shuntare a reactorului. *Chireev M. I.*: Cronică. Despre substaţii — tip de transformatori cu tensiuni de 3—6—10 kV. *Ghelman R. E.*: Electrotehnică: Intrerupători şi comutatori execuţie pachet, fabricaţi de Ministerul Industriei Electrice. *Gateiev S. B.*: Termotehnică: Aparate pentru schimbul de căldură.

RADIO Nr. 4/1952

4 (1952)

Redacţia: Să intensificăm propaganda cunoştinţelor radiotehnice. *Meşcerin G., Margulis M.*: Pentru o bună organizare şi o înaltă calitate a muncii. *Sagalchi A.*: Agregatele electrice eoliene VE-2 la Nordul îndepărtat. *Inşev I.*: Să se acorde mai multă atenţie radioficării colhozurilor din regiunea Smolensk. *Crivoconev S.*: Munca secţiei de construcţii s'a înviorat. *Sismanian J.*: Radioamatorii din Armenia fac pregătiri pentru expoziţie. *Azelov S.*: Adunarea radioamatorilor din Krasnoiarsk. *Vorobiev M.*: Conferinţa radioamatorilor-constructori din Harcov. Redacţia: Din partea comitetului organizatoric al societăţii unionale „Doseaf" din U.R.S.S. Redacţia: Din partea Ministerului Comunicaţiilor din U.R.S.S. Să îmbunătăţim exploatarea mijloacelor de radiocomunicaţii, radiodifuziune şi radioficare. *Izmailov I.*: O sarcină importantă a comitetului „Dosaaf". Redacţia: Conferinţe cu cititori ai revistei „Radio". *Psurcev N, Ostriacov* şi alţii: In amintirea lui Petru Alexeievici Ostriacov. *Levandovschi B.*: Receptor transportabil. *Timbal B.*: Ni se scrie: Dragă redacţie. *Ozolîn V.*: Panouri cu soclu autofabricate pentru lămpi ghindă. *Melicov I.*: Staţie şcolară de amplificare. *Suf G.*: Susţinătoarele firelor de montaj. *Cernov Iu., Liaşcov A.*: Cea de-a patra întrecere unională de radio-telefonie a radioamatorilor de unde scurte din societatea „Dossal". *Uhanov Iu.*: Intrecerea radioamatorilor de unde scurte din regiunea Penza. *Sismanian J.*: Primele întreceri de radiotelegrafie ale radioamatorilor de unde scurte din Republica Armeană. *Cazanschi N.*: Intrecerile provenite ale radioamatorilor sovietici de unde scurte. *Canevschi V.*: Iarăşi despre cartelele chitanţe. *Hramţov T.*: O nouă promoţie de observatori de unde scurte. *Prazorovschi Iu.*: Emiţător pentru începătorii în domeniul undelor scurte. *Costandi G.*: Antenă pentru unde ultrascurte. *Sulghin C.*: Automatizarea apelului. *Mihailov L.*: Televisoarele CVN-49 B şi CVN 49-4. *Vasiliev L.*: Antenă de bandă largă pentru televiziune. *Ivanov V., Tovbin M.*: Recepţia în canal unic a emisiunilor de televiziune. *Sabeţchi N.*: Principiile radarului. *Maroc S.*: Legătura între bobine cu miezuri în formă de oală. *Taniv I.*: Voltmetru simplu cu lămpi. *Alexeiev A.*: Măsurarea regimului lămpilor volumetrului de mică rezistenţă chimică. *Nurenberg V.*: Măsurători de nivel. *Romanov I.*: Redresor pentru tubul catodic. *Beloborodov G.*: Staţie de amplificare în şcoală. *Panin A.*: Amplificator de înaltă frecvenţă pentru receptoarele „Moscovici" şi „ARZ". *Lîjnecov V.*: Cauzele ruperii bornei de eşire la difuzoare R-10. *Lobacev I.*: Filtru de antenă la receptorul „Moscovici". *Vasiliev L.*: Reducerea sensibilităţii televisoarelor CVN-49-B. *Pancov A.*: Repararea acumulatoarelor alcaline. *Clenin V.*: Filtru pentru convertisor cu rotor indus unic. *Calaşnicov V.*: Despre calitatea dozelor electromagnetice pentru aparate cu pick-up. *Sidorenco A.*: Despre calitatea electromotorului de tip APM-3 al uzinei „Elfa". *Redacţia*: In atenţia radioamatorilor. *Redacţia*: Consultaţiuni tehnice. *Redacţia*: Din partea org. „Soiuzposîltorg" (Centru de aprovizionare la distanţă cu materiale tehnice). *Spijevschi I.*: Critică şi bibliografie: Broşuri consultative editate de clubul de radio central „Dosaaf". *Redacţia*: Cărţi noi. *Smacov P.*: Când se va publica un manual informativ despre lămpi de radio?. *Redacţia*: Soclajul lămpilor de recepţie şi amplificare cu alimentare din reţea.

5 (1952)

Ziua radioului. *Vlasov V.*: Desvoltarea radiotehnicii în U.R.S.S. *Vologdir V.*: Aplicarea industrială a tehnicii înaltelor frecvenţe şi a electronicii. *Kuznefov I.*: Despre întinderea mai largă a mişcării radioamatorilor. *Lapin S.*: Cronicul păcii şi prieteniei. *Sliacliev G.*: Industria radiotehnică sovietică în anul 1952. *Cistîi L.*: Victoria cea mare. *Ostr§umov B, Sliahter I.*: Inventatorul detectorului cu cristal O. V. Losev. *Insev I.*: Dela receptorul cu galenă până la staţia de amplificare. *Podolschi F.*: Alimentarea instalaţie VTU-20 din reţeaua de curent alternativ. *Cantov L.*: Iarăşi

despre adaptarea amplificatoarelor UV-1 şi UB-1 pentru a funcţiona cu lămpile 6F5, 6F6C. Evidenţiaţi ai radioficării Cel mai bun club de radio al ţării. *Vişincchi M.*: La o organizaţie de bază „Dosaaf". *Pogonca Ioscf*: Industria radiotehnică din Cehoslovacia. Cronica. *IrjavschiA., Einbinder I.*: Receptor de clasa întâia. *Casancchii N.*: Rezultatele celei de a 4-a întreceri unionale de radiotelefonie între amatori de unde scurte din „Dosaaf". Cea de a 6-a întrecere unională de radiotelegrafie între radioamatorii de unde scurte organizaţi în „Dosaaf". *Carpov B.*: Post portativ emiţător de unde ultrascurte. *Melnicov fV.*: Radiotelegrafiere cu frecvenţă. *Panacenco G.*: Dispozitiv pentru legături cu semiduplex. *Tranţov A.*: Meritele savanţilor ruşi în sectorul creării şi desvoltării televiziunii. *Ivanchin V.*: Generator indicator pentru acordarea televizoarelor. *Sabeţchi N.*: Modul de funcţionare a staţiei radar. (***): Racordarea transformatorului de intensitate din receptorul M. 697. *Ivanov V.*: Magnetofon construit de radioamatori. *Samsur V.*: Lucrare preţioasă consacrată lui A. S. Popov. (***): Cărţi noi. *Nicolaev V.*: Noi născociri al afacerilor radiofoniei.

CĂRŢI SOVIETICE TRADUSE CARE SE POT CONSULTA LA INSTITUTUL DE STUDII ROMANO-SOVIETIC AL ACADEMIEI R. P. R.

Electricitate.

Contorovici: Calculul operaţional şi fenomenele tranzitorii în circuitele electrice. Ed. de Stat pt. literatura tehn. ştiinţifică M. L. 1949.

Turicin A. M.: Măsurarea pe cale electrică a mărimilor neelectrice. Gosenergoizdat, 1951.

Clopov A. I.: Introducere în televiziune, Ed. Energetică de Stat M. L. 1949.

Assev B. P.: Bazele radiotehnicii. Sviazizdat, 1947.

Renne: Condensatori moderni cu hârtie. Gosenergoizdat, M. L. 1948.

Pistolcors A. A.: Antene pentru unde scurte. Cap. VII. Sviazitdat, 1947.

Energetica:

Melentiev: Sistemele de termoficare şi de alimentare cu căldură a oraşelor. Vol. II. Ed. de Stat. a Acad. de Ştiinţe a U.R.S.S. M. L. 1948.

Rapaport I. B.: Combustibil lichid sintetic. Gostoptehizdat 1949.

Ravici M. B.: Arderea superficială fără flacără. A. I. S.S.S.R. M. L. 946.

Lagovschi A. A.: Centrale termoelectrice.)traducere parţială). Gosenergoizdat, M. L. 1948.

Groşev: Arderea fără flacără a gazului natural. Maşghiz 950

Gurvici A. M.: Schimbul de căldură în focare. (traducere parţială). Gosenergoizdat 1950.

Zicheev: Analiza combustibilului energetic. M. Gosenergoizdat 1948.

A apărut de curând, sub îngrijirea Institutului de Studii Româno-Sovietic al Academiei R. P. R., traducerea integrală în limba română a revistelor:

Avtogennoe Delo (Sudura autogenă).
Gornâi Jurnal (Revista Minelor).
Energheticeschi Biulleten (Buletinul de Energetică).

Aceste publicaţii pot fi procurate direct, sau consultate la Biblioteca Institutului din Calea Victoriei nr. 141.

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele.

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil impersonal, clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înțelegerii textului. Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9×12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, cuprinzând neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scrișI mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon (instituție sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

CĂTRE CITITORI

Intreprinderile, inginerii, tehnicienii, stahanoviștii, care doresc să se aboneze la Revistele ASIT pe anul 1953, sunt rugați să se adreseze pentru informațiuni la sediul Filialelor ASIT din întreaga țară, unde vor primi indicațiile necesare.

DIN CATALOGUL EDITURII TEHNICE

Ing. V. CIOCIONICA şi ing. G. SOTIRESCU:
„ELECTRICITATEA INDUSTRIALĂ"
Vol. I. Ed. II
272 pag. Lei 9,57

F. SOLOVIEV: „MONTAREA ŞI EXPLOATAREA INSTALAŢIILOR ELECTRICE"
(trad. din limba rusă)
292 pag. Lei 20,42

M. E. E.: „MANUALUL CONSTRUCTORULUI DE MAŞINI ELECTRICE"
567 pag. Lei 27,63

KOHLER KÀROLY: „TEKERCSELŐ KÉZIÖNYVE"
38 pag. Lei 1,15

* * *: „LEXICONUL TEHNIC ROMAN"

Vol. I	literele	A—C	pag.	952	Lei 127,50
„ II	„	D—H	„	986	„ 127,50
„ III	„	I—M	„	1115	„ 127,50
„ IV	„	N—P	„	1100	„ 127,50

C. 1290.— Intrepr. Poligrafica Nr. 3.